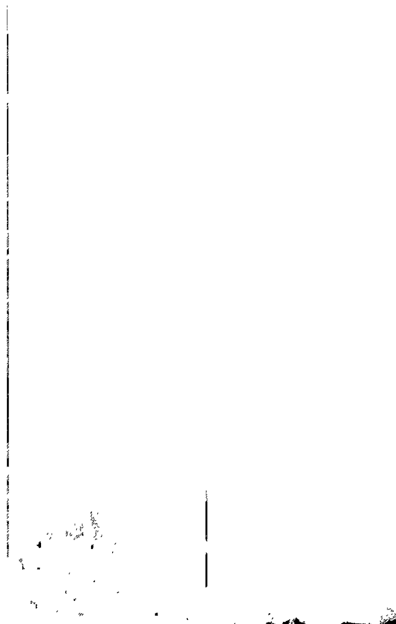
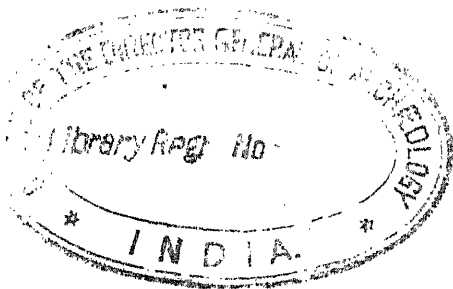




SITZUNGSBERICHTE

DER

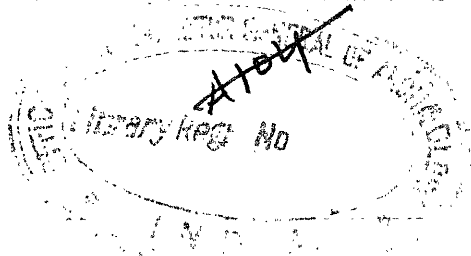
KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

JAHRGANG 1908.

ERSTER HALBBAND. JANUAR BIS JUNI.

STÜCK I—XXXII MIT NEUN TAFELN
UND DEM VERZEICHNISS DER MITGLIEDER AM 1. JANUAR 1908.



BERLIN 1908.
VERLAG DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

IN COMMISSION BEI GEORG REIMER.

INHALT.

Inhalt.

VERZEICHNISS

DER

MITGLIEDER DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

AM 1. JANUAR 1908.

I. BESTÄNDIGE SECRETARE.

	Gewählt von der	Datum der Königlichen Bestätigung
Hr. *Auwers*	phys.-math. Classe	1878 April 10.
- *Vahlen*	phil.-hist. -	1893 April 5.
- *Diels*	phil.-hist. -	1895 Nov. 27.
- *Waldeyer*	phys.-math. -	1896 Jan. 20.

II. ORDENTLICHE MITGLIEDER.

Physikalisch-mathematische Classe	Philosophisch-historische Classe	Datum der Königlichen Bestätigung
	Hr. *Adolf Kirchhoff*	1860 März 7.
Hr. *Arthur Auwers*		1866 Aug. 18.
	- *Johannes Vahlen*	1874 Dec. 16.
	- *Eberhard Schrader*	1875 Juni 14.
	- *Alexander Conze*	1877 April 23.
- *Simon Schwendener*		1879 Juli 13.
- *Hermann Munk*		1880 März 10.
	- *Adolf Tobler*	1881 Aug. 15.
	- *Hermann Diels*	1881 Aug. 15.
- *Hans Landolt*		1881 Aug. 15.
- *Wilhelm Waldeyer*		1884 Febr. 18.
	- *Heinrich Brunner*	1884 April 9.
- *Franz Eilhard Schulze*		1884 Juni 21.
	- *Otto Hirschfeld*	1885 März 9.
	- *Eduard Sachau*	1887 Jan. 24.
	- *Gustav Schmoller*	1887 Jan. 24.
	- *Wilhelm Dilthey*	1887 Jan. 24.
- *Karl Möbius*		1888 April 30.
- *Adolf Engler*		1890 Jan. 29.
	- *Adolf Harnack*	1890 Febr. 10.
- *Hermann Amandus Schwarz*		1892 Dec. 19.

Physikalisch-mathematische Classe	Philosophisch-historische Classe	Datum der Königlichen Bestätigung
Hr. *Georg Frobenius*		1893 Jan. 14.
- *Emil Fischer*		1893 Febr. 6.
- *Oskar Hertwig*		1893 April 17.
- *Max Planck*		1894 Juni 11.
	Hr. *Karl Stumpf*	1895 Febr. 18.
	- *Erich Schmidt*	1895 Febr. 18.
	- *Adolf Erman*	1895 Febr. 18.
- *Emil Warburg*		1895 Aug. 13.
- *Jakob Heinrich van't Hoff*		1896 Febr. 26.
	- *Reinhold Koser*	1896 Juli 12.
	- *Max Lenz*	1896 Dec. 14.
- *Theodor Wilhelm Engelmann*		1898 Febr. 14.
	- *Reinhard Kekule von Stradonitz*	1898 Juni 9.
	- *Ulrich von Wilamowitz-Moellendorff*	1899 Aug. 2.
- *Wilhelm Branca*		1899 Dec. 18.
- *Robert Helmert*		1900 Jan. 31.
- *Heinrich Müller-Breslau*		1901 Jan. 14.
	- *Heinrich Zimmer*	1902 Jan. 13.
	- *Heinrich Dressel*	1902 Mai 9.
	- *Konrad Burdach*	1902 Mai 9.
	- *Richard Pischel*	1902 Juli 13.
- *Friedrich Schottky*		1903 Jan. 5.
	- *Gustav Roethe*	1903 Jan. 5.
	- *Dietrich Schäfer*	1903 Aug. 4.
	- *Eduard Meyer*	1903 Aug. 4.
	- *Wilhelm Schulze*	1903 Nov. 16.
	- *Alois Brandl*	1904 April 3.
- *Robert Koch*		1904 Juni 1.
- *Hermann Struve*		1904 Aug. 29.
- *Hermann Zimmermann*		1904 Aug. 29.
- *Adolf Martens*		1904 Aug. 29.
- *Walther Nernst*		1905 Nov. 24.
- *Max Rubner*		1906 Dec. 2.
- *Johannes Orth*		1906 Dec. 2.
- *Albrecht Penck*		1906 Dec. 2.
	- *Friedrich Müller*	1906 Dec. 24.
	- *Andreas Heusler*	1907 Aug. 8.
- *Heinrich Rubens*		1907 Aug. 8.

(Die Adressen der Mitglieder s. S. IX.)

III. AUSWÄRTIGE MITGLIEDER.

Physikalisch-mathematische Classe	Philosophisch-historische Classe	Datum der Königlichen Bestätigung
	Hr. *Eduard Zeller* in Stuttgart	1895 Jan. 14.
	- *Theodor Nöldeke* in Strassburg	
	- *Friedrich Imhoof-Blumer* in Winterthur	
	- *Theodor von Sickel* in Meran	
	- *Pasquale Villari* in Florenz	1900 März 5.
	- *Franz Bücheler* in Bonn	
Hr. *Wilhelm Hittorf* in Münster i. W.		
- *Eduard Suess* in Wien		
- *Eduard Pflüger* in Bonn		
	Rochus Frhr. *von Liliencron* in Schleswig	1901 Jan. 14.
	Hr. *Léopold Delisle* in Paris	1902 Nov. 16.
Sir *Joseph Dalton Hooker* in Sunningdale		1904 Mai 29.
Hr. *Giovanni Virginio Schiaparelli* in Mailand		1904 Oct. 17.
- *Adolf von Baeyer* in München		1905 Aug. 12.

IV. EHRENMITGLIEDER.

	Datum der Königlichen Bestätigung
Earl *of Crawford and Balcarres* in Haigh Hall, Wigan	1883 Juli 30.
Hr. *Max Lehmann* in Göttingen	1887 Jan. 24.
- *Friedrich Kohlrausch* in Marburg	1895 Aug. 13.
Hugo Graf *von und zu Lerchenfeld* in Berlin	1900 März 5.
Hr. *Friedrich Althoff* in Steglitz	1900 März 5.
- *Richard Schöne* in Berlin	1900 März 5.
Frau *Elise Wentzel* geb. *Heckmann* in Berlin	1900 März 5.
Hr. *Konrad von Studt* in Berlin	1900 März 17.
- *Andrew Dickson White* in Ithaca, N. Y.	1900 Dec. 12.

V. CORRESPONDIRENDE MITGLIEDER.

Physikalisch-mathematische Classe.

		Datum der Wahl
Hr.	*Alexander Agassiz* in Cambridge, Mass.	1895 Juli 18.
-	*Henri Becquerel* in Paris	1904 Febr. 18.
-	*Ernst Wilhelm Benecke* in Strassburg	1900 Febr. 8.
-	*Eduard van Beneden* in Lüttich	1887 Nov. 3.
-	*Oskar Brefeld* in Charlottenburg	1899 Jan. 19.
-	*Heinrich Bruns* in Leipzig	1906 Jan. 11.
-	*Otto Bütschli* in Heidelberg	1897 März 11.
-	*Stanislao Cannizzaro* in Rom	1888 Dec. 6.
-	*Karl Chun* in Leipzig	1900 Jan. 18.
-	*Gaston Darboux* in Paris	1897 Febr. 11.
-	*Richard Dedekind* in Braunschweig	1880 März 11.
-	*Nils Christofer Duner* in Upsala	1900 Febr. 22.
-	*Ernst Ehlers* in Göttingen	1897 Jan. 21.
-	*Rudolf Fittig* in Strassburg	1896 Oct. 29.
-	*Max Fürbringer* in Heidelberg	1900 Febr. 22.
-	*Albert Gaudry* in Paris	1900 Febr. 8.
Sir	*Archibald Geikie* in London	1889 Febr. 21.
Hr.	*Wolcott Gibbs* in Newport, R. I.	1885 Jan. 29.
Sir	*David Gill* in London	1890 Juni 5.
Hr.	*Paul Gordan* in Erlangen	1900 Febr. 22.
-	*Karl Graebe* in Frankfurt a. M.	1907 Juni 13.
-	*Ludwig von Graff* in Graz	1900 Febr. 8.
-	*Gottlieb Haberlandt* in Graz	1899 Juni 8.
-	*Julius Hann* in Wien	1889 Febr. 21.
-	*Victor Hensen* in Kiel	1898 Febr. 24.
-	*Richard Hertwig* in München	1898 April 28.
Sir	*William Huggins* in London	1895 Dec. 12.
Hr.	*Adolf von Koenen* in Göttingen	1904 Mai 5.
-	*Leo Koenigsberger* in Heidelberg	1893 Mai 4.
-	*Henry Le Chatelier* in Paris	1905 Dec. 14.
-	*Michel Lévy* in Paris	1898 Juli 28.
-	*Franz von Leydig* in Rothenburg o. d. T.	1887 Jan. 20.
-	*Gabriel Lippmann* in Paris	1900 Febr. 22.
-	*Hendrik Antoon Lorentz* in Leiden	1905 Mai 4.
-	*Hubert Ludwig* in Bonn	1898 Juli 14.

Physikalisch-mathematische Classe.

	Datum der Wahl
Hr. *Éleuthère Mascart* in Paris	1895 Juli 18.
- *Franz Mertens* in Wien	1900 Febr. 22.
- *Henrik Mohn* in Christiania	1900 Febr. 22.
- *Alfred Gabriel Nathorst* in Stockholm	1900 Febr. 8.
- *Karl Neumann* in Leipzig	1893 Mai 4.
- *Georg von Neumayer* in Neustadt a. d. Haardt	1896 Febr. 27.
- *Simon Newcomb* in Washington	1883 Juni 7.
- *Max Noether* in Erlangen	1896 Jan. 30.
- *Wilhelm Ostwald* in Gross-Bothen, Kgr. Sachsen	1905 Jan. 12.
- *Wilhelm Pfeffer* in Leipzig	1889 Dec. 19.
- *Émile Picard* in Paris	1898 Febr. 24.
- *Edward Charles Pickering* in Cambridge, Mass.	1906 Jan. 11.
- *Henri Poincaré* in Paris	1896 Jan. 30.
- *Georg Quincke* in Heidelberg	1879 März 13.
- *Ludwig Radlkofer* in München	1900 Febr. 8.
Sir *William Ramsay* in London	1896 Oct. 29.
Lord *Rayleigh* in Witham, Essex	1896 Oct. 29.
Hr. *Friedrich von Recklinghausen* in Strassburg	1885 Febr. 26.
- *Gustaf Retzius* in Stockholm	1893 Juni 1.
- *Wilhelm Konrad Röntgen* in München	1896 März 12.
- *Heinrich Rosenbusch* in Heidelberg	1887 Oct. 20.
- *Georg Ossian Sars* in Christiania	1898 Febr. 24.
- *Friedrich Schmidt* in St. Petersburg	1900 Febr. 8.
- *Hugo von Seeliger* in München	1906 Jan. 11.
Hermann Graf *zu Solms-Laubach* in Strassburg	1899 Juni 8.
Hr. *Johann Wilhelm Spengel* in Giessen	1900 Jan. 18.
- *Eduard Strasburger* in Bonn	1889 Dec. 19.
- *Johannes Strüver* in Rom	1900 Febr. 8.
- *Julius Thomsen* in Kopenhagen	1900 Febr. 8.
- *August Toepler* in Dresden	1879 März 13.
- *Melchior Treub* in Buitenzorg	1900 Febr. 8.
- *Gustav Tschermak* in Wien	1881 März 3.
Sir *William Turner* in Edinburg	1898 März 10.
Hr. *Woldemar Voigt* in Göttingen	1900 März 8.
- *Karl von Voit* in München	1898 Febr. 24.
- *Johannes Diderik van der Waals* in Amsterdam	1900 Febr. 22.
- *Otto Wallach* in Göttingen	1907 Juni 13.
- *Eugenius Warming* in Kopenhagen	1899 Jan. 19.
- *Heinrich Weber* in Strassburg	1896 Jan. 30.
- *August Weismann* in Freiburg i. B.	1897 März 11.
- *Julius Wiesner* in Wien	1899 Juni 8.
- *Adolf Wüllner* in Aachen	1889 März 7.
- *Ferdinand Zirkel* in Leipzig	1887 Oct. 20.

Philosophisch-historische Classe.

	Datum der Wahl
Hr. *Wilhelm Ahlwardt* in Greifswald	1888 Febr. 2.
- *Karl von Amira* in München	1900 Jan. 18.
- *Ernst Immanuel Bekker* in Heidelberg	1897 Juli 29.
- *Friedrich von Bezold* in Bonn	1907 Febr. 14.
- *Eugen Bormann* in Wien	1902 Juli 24.
- *James Henry Breasted* in Chicago	1907 Juni 13.
- *Ingram Bywater* in Oxford	1887 Nov. 17.
- *René Cagnat* in Paris	1904 Nov. 3.
- *Arthur Chuquet* in Villemomble (Seine)	1907 Febr. 14.
- *Louis Duchesne* in Rom	1893 Juli 20.
- *Benno Erdmann* in Bonn	1903 Jan. 15.
- *Julius Euting* in Strassburg	1907 Juni 13.
- *Paul Foucart* in Paris	1884 Juli 17.
- *Ludwig Friedländer* in Strassburg	1900 Jan. 18.
- *Theodor Gomperz* in Wien	1893 Oct. 19.
- *Francis Llewellyn Griffith* in Oxford	1900 Jan. 18.
- *Gustav Gröber* in Strassburg	1900 Jan. 18.
- *Ignazio Guidi* in Rom	1904 Dec. 15.
- *Georgios N. Hatzidakis* in Athen	1900 Jan. 18.
- *Albert Hauck* in Leipzig	1900 Jan. 18.
- *Bernard Haussoullier* in Paris	1907 Mai 2.
- *Johan Ludvig Heiberg* in Kopenhagen	1896 März 12.
- *Karl Theodor von Heigel* in München	1904 Nov. 3.
- *Max Heinze* in Leipzig	1900 Jan. 18.
- *Antoine Héron de Villefosse* in Paris	1893 Febr. 2.
- *Léon Heuzey* in Paris	1900 Jan. 18.
- *Edvard Holm* in Kopenhagen	1904 Nov. 3.
- *Théophile Homolle* in Paris	1887 Nov. 17.
- *Christian Hülsen* in Rom	1907 Mai 2.
- *Vatroslav Jagić* in Wien	1880 Dec. 16.
- *William James* in Cambridge, Mass.	1900 Jan. 18.
- *Karl Theodor von Inama-Sternegg* in Innsbruck	1900 Jan. 18.
- *Adolf Jülicher* in Marburg	1906 Nov. 1.
- *Karl Justi* in Bonn	1893 Nov. 30.
- *Panagiotis Kabbadias* in Athen	1887 Nov. 17.
- *Frederic George Kenyon* in London	1900 Jan. 18.
- *Franz Kielhorn* in Göttingen	1880 Dec. 16.
- *Georg Friedrich Knapp* in Strassburg	1893 Dec. 14.
- *Basil Latyschew* in St. Petersburg	1891 Juni 4.
- *Friedrich Leo* in Göttingen	1906 Nov. 1.
- *August Leskien* in Leipzig	1900 Jan. 18.
- *Émile Levasseur* in Paris	1900 Jan. 18.
- *Friedrich Loofs* in Halle a. S.	1904 Nov. 3.
- *Giacomo Lumbroso* in Viareggio	1874 Nov. 12.

Philosophisch-historische Classe.

		Datum der Wahl
Hr.	*Arnold Luschin von Ebengreuth* in Graz	1904 Juli 21.
-	*John Pentland Mahaffy* in Dublin	1900 Jan. 18.
-	*Gaston Maspero* in Paris	1897 Juli 15.
-	*Wilhelm Meyer-Lübke* in Wien	1905 Juli 6.
-	*Adolf Michaelis* in Strassburg	1888 Juni 21.
-	*Ludwig Mitteis* in Leipzig	1905 Febr. 16.
-	*Gabriel Monod* in Versailles	1907 Febr. 14.
-	*Benedictus Niese* in Halle a. S.	1905 Febr. 16.
-	*Heinrich Nissen* in Bonn	1900 Jan. 18.
-	*Georges Perrot* in Paris	1884 Juli 17.
-	*Wilhelm Radloff* in St. Petersburg	1895 Jan. 10.
-	*Moriz Ritter* in Bonn	1907 Febr. 14.
-	*Karl Robert* in Halle a. S.	1907 Mai 2.
-	*Victor* Baron *Rosen* in St. Petersburg	1900 Jan. 18.
-	*Anton E. Schönbach* in Graz	1906 Juli 5.
-	*Richard Schroeder* in Heidelberg	1900 Jan. 18.
-	*Emil Schürer* in Göttingen	1893 Juli 20.
-	*Eduard Schwartz* in Göttingen	1907 Mai 2.
-	*Émile Senart* in Paris	1900 Jan. 18.
-	*Eduard Sievers* in Leipzig	1900 Jan. 18.
-	*Henry Sweet* in Oxford	1901 Juni 6.
Sir	*Edward Maunde Thompson* in London	1895 Mai 2.
Hr.	*Vilhelm Thomsen* in Kopenhagen	1900 Jan. 18.
-	*Girolamo Vitelli* in Florenz	1897 Juli 15.
-	*Heinrich Weil* in Paris	1896 März 12.
-	*Julius Wellhausen* in Göttingen	1900 Jan. 18.
-	*Wilhelm Wilmanns* in Bonn	1906 Juli 5.
-	*Ludvig Wimmer* in Kopenhagen	1891 Juni 4.
-	*Wilhelm Windelband* in Heidelberg	1903 Febr. 5.
-	*Wilhelm Wundt* in Leipzig	1900 Jan. 18.

INHABER DER HELMHOLTZ-MEDAILLE.

Hr. *Santiago Ramón y Cajal* in Madrid (1904).
- *Henri Becquerel* in Paris (1906).

INHABER DER LEIBNIZ-MEDAILLE.

a. Der Medaille in Gold.

Hr. *James Simon* in Berlin (1907).

b. Der Medaille in Silber.

Hr. *Karl Alexander von Martius* in Berlin (1907).
- *A. F. Lindemann* in Sidmouth, England (1907).

BEAMTE DER AKADEMIE.

Bibliothekar und Archivar: Dr. *Köhnke.*

Wissenschaftliche Beamte: Dr. *Dessau*, Prof. — Dr. *Ristenpart.* — Dr. *Harms*, Prof. — Dr. *Czeschka* Edler *von Maehrenthal*, Prof. — Dr. *von Fritze.* — Dr. *Karl Schmidt,* Prof. — Dr. Frhr. *Hiller von Gaertringen*, Prof.

WOHNUNGEN DER ORDENTLICHEN MITGLIEDER UND DER BEAMTEN.

Hr. Dr. *Auwers,* Prof., Geh. Ober-Regierungs-Rath, Lindenstr. 91. SW 68.
- - *Branca,* Prof., Geh. Bergrath, Lutherstr. 47. W 62.
- - *Brandl,* Professor, Kaiserin Augusta-Str. 73. W 10.
- - *Brunner,* Prof., Geh. Justiz-Rath, Lutherstr. 36. W 62.
- - *Burdach,* Professor, Grunewald, Schleinitzstr. 6.
- - *Conze,* Professor, Grunewald, Wangenheimstr. 17.
- - *Diels,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Nürnberger Str. 65. W 50.
- - *Dilthey,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Burggrafenstr. 4. W 62.
- - *Dressel,* Professor, Charlottenburg, Uhlandstr. 193.
- - *Engelmann,* Prof., Geh. Medicinal-Rath, Neue Wilhelmstr. 15. NW 7.
- - *Engler,* Prof., Geh. Ober-Regierungs-Rath, Steglitz, Neuer Botanischer Garten.
- - *Erman,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Steglitz, Friedrichstr. 10/11.
- - *Fischer,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Hessische Str. 1—4. N 4.
- - *Frobenius,* Professor, Charlottenburg, Leibnizstr. 83.
- - *Harnack,* Prof., Wirkl. Geh. Ober-Regierungs-Rath, Fasanenstr. 33. W 15.
- - *Helmert,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Potsdam, Geodätisches Institut.
- - *Hertwig,* Prof., Geh. Medicinal-Rath, Grunewald, Wangenheimstr. 28.
- - *Heusler,* Professor, Eisenacher Str. 103. W 30.
- - *Hirschfeld,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Charlottenburg, Carmerstr. 3.
- - *van't Hoff,* Professor, Lietzenburger Str. 54. W 15.
- - *Kekule von Stradonitz,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Landgrafenstr. 19. W 62.
- - *Kirchhoff,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Matthäikirchstr. 23. W 10.
- - *Koch,* Prof., Wirkl. Geh. Rath, Exc., Kurfürstendamm 52. W 15.
- - *Koser,* Wirkl. Geh. Ober-Regierungs-Rath, Charlottenburg, Carmerstr. 9.
- - *Landolt,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Kaiserallee 222. W 15.
- - *Lenz,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Augsburger Str. 52. W 50.
- - *Martens,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Gross-Lichterfelde-West, Fontanestr. 22.
- - *Meyer,* Professor, Gross-Lichterfelde-West, Mommsenstr. 7/8.
- - *Möbius,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Sigismundstr. 8. W 10.
- - *Müller,* Professor, Zehlendorf, Albertinenstr. 3.
- - *Müller-Breslau,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Grunewald, Kurmärkerstr. 8.
- - *Munk,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Matthäikirchstr. 4. W 10.
- - *Nernst,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Am Karlsbad 26a. W 35.
- - *Orth,* Prof., Geh. Medicinal-Rath, Grunewald, Humboldtstr. 16.
- - *Penck,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Knesebeckstr. 48/49. W 15.

Hr. Dr. *Pischel,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Halensee, Joachim-Friedrich-Str. 47.
- - *Planck,* Professor, Grunewald, Wangenheimstr. 21.
- - *Roethe,* Professor, Westend, Ahornallee 30.
- - *Rubens,* Professor, Neue Wilhelmstr. 16. NW. 7.
- - *Rubner,* Prof., Geh. Medicinal-Rath, Kurfürstenstr. 99a. W. 62.
- - *Sachau,* Prof., Geh. Ober-Regierungs-Rath, Wormser Str. 12. W 62.
- - *Schäfer,* Prof., Grossherzogl. Badischer Geh. Rath, Steglitz, Friedrichstr. 7.
- - *Schmidt,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Augsburger Str. 57/58. W 50.
- - *Schmoller,* Professor, Wormser Str. 13. W 62.
- - *Schottky,* Professor, Steglitz, Fichtestr. 12a.
- - *Schrader,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Kronprinzenufer 20. NW 40.
- - *Schulze, Franz Eilhard,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Invalidenstr. 43. N 4.
- - *Schulze, Wilhelm,* Professor, Kaiserin Augusta-Str. 72. W 10.
- - *Schwarz,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Grunewald, Humboldtstr. 33.
- - *Schwendener,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Matthäikirchstr. 28. W 10.
- - *Struve,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Enckeplatz 3a. SW 48.
- - *Stumpf,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Augsburger Str. 61. W 50.
- - *Tobler,* Professor, Kurfürstendamm 25. W 15.
- - *Vahlen,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Genthiner Str. 22. W 35.
- - *Waldeyer,* Prof., Geh. Medicinal-Rath, Lutherstr. 35. W 62.
- - *Warburg,* Professor, Charlottenburg, Marchstr. 25b.
- - von *Wilamowitz-Moellendorff,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Westend, Eichenallee 12.
- - *Zimmer,* Prof., Geh. Regierungs-Rath, Halensee, Auguste-Victoria-Str. 3.
- - *Zimmermann,* Wirkl. Geh. Ober-Baurath, Calvinstr. 4. NW 52.

Hr. Dr. *Czeschka* Edler *von Maehrenthal,* Professor, Wissenschaftlicher Beamter, Stendaler Str. 3. NW 5.
- - *Dessau,* Professor, Wissenschaftlicher Beamter, Charlottenburg, Carmerstr. 8.
- - von *Fritze,* Wissenschaftlicher Beamter, Courbièrestr. 14. W 62.
- - *Harms,* Professor, Wissenschaftlicher Beamter, Friedenau, Ringstr. 44.
- - Freiherr *Hiller von Gaertringen,* Professor, Wissenschaftlicher Beamter, An der Apostelkirche 8. W 30.
- - *Köhnke,* Bibliothekar und Archivar, Charlottenburg, Goethestr. 6.
- - *Ristenpart,* Wissenschaftlicher Beamter, Oldenburger Str. 42. NW 21.
- - *Schmidt, Karl,* Professor, Wissenschaftlicher Beamter, Bayreuther Str. 20. W 62.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
I.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

9. Januar. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Nernst las über die Theorie der galvanischen Polarisation und ihre Anwendung zur Berechnung der Reizwirkungen elektrischer Ströme.

In dem Vortrage wurden zunächst die Gleichungen für die Polarisation löslicher Metallelektroden besprochen und sodann die Anwendung der so gewonnenen Formeln auf die physiologischen Reizwirkungen durch elektrische Ströme erörtert. Insbesondere wurde gezeigt, dass sich für den durch Stromstösse ausgeübten Reiz eine einfache Formel ergibt, indem der Strom, der gerade noch einen Reiz ausübt, der Quadratwurzel aus seiner Zeitdauer umgekehrt proportional ist. Durch die Versuche verschiedener Forscher konnte dieses Gesetz quantitativ geprüft werden.

2. Hr. Fischer legte eine von ihm und Dr. F. Wrede ausgeführte Untersuchung vor: Über die Bestimmung der Verbrennungswärme organischer Verbindungen mit Benutzung des Platinwiderstandsthermometers. (Ersch. später.)

Durch die verbesserte thermometrische Messung wurde eine grössere Genauigkeit in der Bestimmung der Verbrennungswärme von Benzoesäure und Rohrzucker erreicht.

3. Hr. Meyer machte eine Mittheilung über das erste Auftreten der Arier in der Geschichte.

Bemerkungen zu den von H. Winckler aus den chetitischen Urkunden von Boghazkiöi nachgewiesenen arischen Götternamen in Mitani (nordwestliches Mesopotamien) aus dem Anfang des 14. Jahrhunderts.

4. Hr. Branca überreichte die weitere Ausarbeitung seiner Mittheilung vom 25. Juli 1907 zu der Frage, ob Ichthyosaurus gleichzeitig vivipar und stirpivor gewesen sei. Die Abhandlung wird noch in den Jahresband 1907 aufgenommen werden.

5. Hr. Fischer legte eine Mittheilung von Prof. J. Rosenthal in Erlangen vor: Zerlegung hochcomplicirter chemischer Verbindungen im schwankenden magnetischen Kraftfeld.

Chemische Verbindungen von der Art, wie sie durch Enzyme hydrolytisch gespalten werden — Proteine, Glukoside, Poly- und Disaccharosen —, zerfallen in ganz

ähnlicher Weise unter Bildung der gleichen Spaltungsproducte, wenn sie in das Innere eines von starkem, in regelmässigen Intervallen unterbrochenem Gleichstrom oder von Wechselströmen durchflossenen Solenoids gebracht werden. Die Zahl der dazu erforderlichen Stromunterbrechungen oder Stromwechsel ist für verschiedene Substanzen verschieden — bei Stärke z. B. gleich 340—380 in der Secunde. Die Zerlegung dieser Substanz wird genauer beschrieben und die Übereinstimmung mit der durch diastatische Enzyme bewirkten nachgewiesen. Schliesslich wird auf die Analogie mit den chemischen Wirkungen des Lichts hingewiesen und die Ansicht ausgesprochen, dass es sich um eine Übertragung der Energie des Aethers auf die materiellen Molekeln handle, welche dadurch zum Zerfall in kleinere Bestandtheile angeregt werden.

6. Die folgenden Druckschriften wurden überreicht: durch Hrn. Schmoller Acta Borussica. Denkmäler der Preussischen Staatsverwaltung im 18. Jahrhundert. Behördenorganisation. Bd. 4. Hälfte 1. 2 (1723—1729). Bearb. von G. Schmoller und W. Stolze. Berlin 1908, Bd. 9 (1750—1753). Bearb. von G. Schmoller und O. Hintze. Berlin 1907; durch Hrn. Diels Bd. 2 Hälfte 1 der zweiten Auflage seiner Ausgabe der Fragmente der Vorsokratiker. Berlin 1907; ferner Ferdinand von Richthofen's Tagebücher aus China. Ausgewählt und herausgegeben von E. Tiessen. Bd. 1. 2. Berlin 1907.

Weiter wurden die zwei Unternehmungen der Humboldt-Stiftung betreffenden Schriften überreicht: zwei Arbeiten enthaltend Ergebnisse der Reise des Hrn. Prof. Thilenius nach Polynesien und Neu-Seeland, E. Sauerbeck, Eine Gehirnmissbildung bei *Hatteria punctata*. Halle 1905 (Aus den Nova Acta der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher. Bd. 85), und Julia Gisi, Das Gehirn von *Hatteria punctata*. Naumburg a. S. 1907; und drei Berichte des Hrn. Prof. H. Klaatsch über seine Reise nach Australien in den Jahren 1904—1907.

7. Die Akademie hat aus ihrem Fonds für wissenschaftliche Unternehmungen bewilligt: durch ihre physikalisch-mathematische Classe 500 Mark Hrn. Prof. Dr. Adolf Schmidt in Potsdam zur Beschaffung von Instrumenten für magnetische Messungen auf hoher See;

durch ihre philosophisch-historische Classe 500 Mark Hrn. Prof. Dr. Gustav Beckmann in Erlangen zur Herausgabe des Liber diurnus curiae Romanae des Andrea da Santa Croce, und 500 Mark Hrn. Privatdocenten Dr. Konrat Ziegler in Breslau zu einer Reise nach Italien behufs Vergleichung von Handschriften der Biographien Plutarch's.

Die Akademie hat das auswärtige Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe Lord Kelvin in Largs (Schottland) am 17. December 1907 durch den Tod verloren.

Zur Theorie der galvanischen Polarisation; Anwendung zur Berechnung der Reizwirkungen elektrischer Ströme.

Von W. NERNST.

---

1. Wir betrachten zunächst eine lösliche Metallelektrode, die in eine beliebige Lösung taucht; durch einen hindurchgeschickten Strom wird dann je nach der Stromrichtung Metall in Lösung gehen oder abgeschieden werden. Die Änderung der elektromotorischen Kraft der Elektrode wird in diesem Falle durch die Änderung der Konzentration der Ionen des betreffenden Metalls bestimmt, und letztere hängt einerseits von der hindurchgeschickten Strommenge, anderseits von dem durch Diffusion bedingten Ausgleich der Konzentrationsdifferenzen ab.

Die Differentialgleichungen, denen diese Konzentrationsänderungen unterworfen sind, wurden bereits von H. F. WEBER[1] aufgestellt und für einzelne Fälle diskutiert; neuerdings (1896) gelang es bekanntlich WARBURG[2], durch Integration derselben für Wechselströme weitgehende Folgerungen für das Verhalten sogenannter unpolarisierbarer Elektroden aus jenen Gleichungen herzuleiten.

Auch die Konzentrationsänderungen, die an der Grenze zwischen zwei nicht miteinander mischbaren Lösungsmitteln infolge elektrolytischer Überführung auftreten, sind denselben Differentialgleichungen unterworfen[3]; daß derartige Konzentrationsänderungen ferner für gewisse physiologische Prozesse maßgebend sind, glaube ich schon vor einiger Zeit wahrscheinlich gemacht zu haben[4].

Im folgenden seien zunächst die erwähnten Differentialgleichungen für gewisse Grenzbedingungen näher behandelt und hierauf einige Anwendungen der so gewonnenen Resultate auf die Vorgänge der elektrischen Reizung gemacht.

---

[1] WIEDEMANNS Annalen 7 540 (1879).
[2] Ebenda 67 495 (1899).
[3] NERNST und RIESENFELD, ebenda. Vierte Folge 8 600 (1902).
[4] Gött. Nachr. Math.-physik. Klasse, Heft 1 (1899) S. 104.

2. Der Strom fließe der x-Achse parallel, zur Flächeneinheit der Elektrode wirke der Strom i zur Zeit t.

$$i = f(t); \tag{1}$$

bei Beginn ($t = 0$) herrsche in der Lösung, die wir uns in Richtung der x-Achse unendlich ausgedehnt denken, die konstante Konzentration c_0. Überall gilt dann die bekannte Diffusionsgleichung

$$\frac{\partial c}{\partial t} = k \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}; \tag{2}$$

wenn ferner der Strom i in der Zeitheit die Salzmenge νi zur Elektrode transportiert, so gilt

$$k \frac{\partial c}{\partial x} = \nu i \text{ für } x = 0, \tag{3}$$

was lediglich die Bedingung dafür ist, daß an der Elektrode die Diffusion nur nach einer Seite hin erfolgen kann.

Anstatt (2) setzen wir, indem wir nach x differentiieren,

$$\frac{\partial^2 c}{\partial x \partial t} = k \frac{\partial^3 c}{\partial x^3},$$

und indem wir als neue Variable[1]

$$\frac{\partial c}{\partial x} = m \tag{4}$$

einführen, wird

$$\frac{\partial m}{\partial t} = k \frac{\partial^2 m}{\partial x^2}, \tag{5}$$

wo für m nunmehr die Grenzbedingungen gelten:

für $t = 0$ und beliebige x gilt $m = 0$;
für $x = \infty$ und beliebige t gilt $m = 0$;
für $x = 0$ gilt $m = m_0 = \frac{\nu}{k} f(t)$.

Durch diese einfache Substitution erreichen wir, daß wir nun ohne weiteres die vielen Lösungen verwenden können, die Fourier und spätere für das Problem der Wärmeleitung in einem unendlich ausgedehnten Stabe bei verschwindender äußerer Wärmeleitung für verschiedene Randbedingungen gegeben haben.

Ist so m als Funktion von x und t gefunden, so haben wir zwei Wege zur Berechnung der gesuchten Konzentrationen. Einmal gilt

---

[1] Kirchhoff, Theorie der Wärme, S. 25; Scheye, Dissertation, Berlin 1895, S. 8.

$$(6) \qquad c = c_0 + \int_x^\infty m\,dx;$$

sodann aber ist auch

$$c = c_0 + \int_0^t \frac{\partial c}{\partial t}\,dt$$

und bei Berücksichtigung von (2)

$$(7) \qquad c = c_0 + k \int_0^t \frac{\partial m}{\partial x}\,dt.$$

3. Als erstes Beispiel betrachten wir den Sinusstrom; wir setzen

$$c = a \sin\left(nt + \frac{\pi}{2}\right), \quad \text{somit} \quad m_0 = \frac{a\nu}{k} \cos nt$$

(n gleich 2π mal Zahl der ganzen Stromwechsel pro Sekunde). Als Lösung finden wir bei RIEMANN-WEBER, Differentialgleichungen II, S. 109 nach einigen einfachen Umformungen

$$(8) \qquad m = \frac{a\nu}{k}\left[e^{-x\sqrt{\frac{n}{2k}}} \cos\left(nt - x\sqrt{\frac{2}{2h}}\right)\right]$$

$$- \frac{a\nu}{2k^{1,5}\sqrt{\pi t}} \int_0^\infty c^{-\alpha\sqrt{\frac{n}{2k}}} \cos \alpha \sqrt{\frac{n}{2k}} \left(e^{-\frac{(\alpha - x)^2}{4kt}} - c^{-\frac{(\alpha + x)^2}{4kt}}\right) d\alpha,$$

worin α eine Integrationsvariable bedeutet.

Das zweite Glied der rechten Seite verschwindet für große Werte von t, d. h. das erste Glied liefert die Lösung für den stationären Zustand. Durch Integration nach (6) oder einfacher nach (7) folgt dann leicht für $x = 0$, d. h. für die an der Elektrode herrschende Konzentration

$$(9) \qquad c = c_0 + \frac{a\nu}{\sqrt{n}\sqrt{k}} \sin\left(nt + \frac{\pi}{4}\right)$$

als Lösung für den stationären Zustand. Dies ist der bereits von WARBURG (a. a. O.) erhaltene Ausdruck.

Betrachten wir nunmehr die Wirkung unreiner Sinusströme. Ein derartiger Strom läßt sich bekanntlich ausdrücken durch eine Summe von der Form

$$i = a \cos nt + a_1 \cos 2nt + a_2 \cos 3nt + \ldots,$$

worin n die Schwingungszahl des Grundtons bedeutet. Die Lösung für den stationären Zustand ergibt sich analog Gleichung (9) zu

$$(10)\qquad c = c_0 + \frac{a\nu}{\sqrt{n}\sqrt{k}}\left[\sin\left(nt+\frac{\pi}{4}\right)+\frac{a_1}{a}\sin\left(2nt+\frac{\pi}{4}\right)+\ldots\right].$$

Die mittlere Stromstärke, wie sie durch ein Wechselstrominstrument (Dynamometer, Hitzdraht) gemessen wird, ist in diesem Falle[1]

$$(11)\qquad \sqrt{a^2+a_1^2+a_2^2+\ldots} = a\sqrt{1+\left(\frac{a_1}{a}\right)^2+\left(\frac{a_2}{a}\right)^2+\ldots}$$

Nun hat der Ausdruck, der in Gleichung (10) in der Klammer steht, wenn wir $y = nt$ setzen, die Form $F(y)$. Das Maximum dieser Funktion muß, weil n dann nicht mehr darin vorkommt, von n unabhängig sein und für bestimmte Werte der Verhältnisse $\frac{a_1}{a}$ usw. einen ganz bestimmten Wert besitzen. Da nach Gleichung (11) andrerseits die mittlere Stromstärke bei gegebenen Werten der Verhältnisse $\frac{a_1}{a}$ usw. der Amplitude des Grundtons proportional ist, so erkennen wir, daß auch für unreine Sinusströme die Konzentrationsdifferenzen $c - c_0$ der Quadratwurzel aus der Frequenz proportional sein müssen, wenn nur die Bedingung erfüllt ist, daß mit der Änderung der Schwingungszahl n die Amplitudenverhältnisse der Obertöne zum Grundton sich nicht ändern.

Dieses Resultat ist insofern von praktischer Bedeutung, als das obige Quadratwurzelgesetz demnach auch für jeden beliebigen rotierenden Wechselstromerzeuger gelten muß, wenn nur mit wachsender Tourenzahl der betreffenden Maschine die Form der Stromkurve sich nicht ändert; diese Voraussetzung wird in Wirklichkeit immer nahe erfüllt sein, und es werden besonders dann, wenn die Grundschwingung stark ausgeprägt ist, die geringfügigen Deformationen, welche die Stromkurve mit der Tourenzahl etwa doch erfährt, praktisch zu vernachlässigen sein.

4. Konstanter Strom. Die Lösung für diesen Fall läßt sich ohne weiteres den Formeln entnehmen[2], die früher bei einem analogen Problem bereits entwickelt wurden; wir haben hier die Bedingung

$$m_0 = \frac{\nu}{k}\,i = \text{const.}$$

---

[1] Vgl. z. B. Bedell und Crehore, Wechselströme S. 143 ff. Berlin bei Springer 1895.

[2] Nernst und Riesenfeld, a. a. O.

und entnehmen der Gleichung (13a) der erwähnten Arbeit die Lösung[1]

$$c - c_0 = \nu i \sqrt{\frac{t}{\pi k}}. \tag{12}$$

Für manche experimentelle Untersuchungen wird sich in erster Linie die Benutzung der Kondensatorentladung empfehlen, die bekanntlich bei fehlender Selbstinduktion der Gleichung

$$\iota = \frac{V}{W} e^{-\frac{t}{CW}}$$

gehorcht. Mit der rechnerischen Behandlung dieses Problems ist Hr. Dr. EUCKEN beschäftigt, der, wie ich auch hier mit Dank erwähnen möchte, mich u. a. auf das für unsre Zwecke so wichtige Integral Gleichung (8) aufmerksam machte.

5. Schließlich wollen wir noch kurz den Fall eines Stromstoßes beliebiger Form besprechen. Wir können einen solchen nach FOURIER stets in eine Summe von Sinusströmen auflösen und finden dann als Lösung eine der Gleichung (8) entsprechende Summe.

Da uns wesentlich nur die Lösung für $x = 0$ interessiert, so erhalten wir für $c - c_0$ eine Summe aus Gliedern der Form

$$k \int_0^t \left(\frac{\partial m}{\partial x}\right)_{x=0} dt,$$

worin, wie sich durch einfache Rechnung ergibt,

$$\left(\frac{\partial m}{\partial x}\right)_{x=0} = \frac{a\nu}{k} \sqrt{\frac{n}{k}} \left(\cos\left(nt + \frac{\pi}{4}\right)\right) - \frac{a\nu}{2\sqrt{\pi}\, k^{2,5} t^{1,5}} \int_0^\infty e^{-\alpha\sqrt{\frac{n}{2k}}} \cos \alpha \sqrt{\frac{n}{2k}} \cdot e^{-\frac{\alpha^2}{4kt}} \alpha \, d\alpha$$

zu setzen ist. Damit haben wir die allgemeine Lösung des in Rede stehenden Problems; freilich wird sich wegen der Schwierigkeit, die beiden Integrationen für den zweiten Ausdruck durchzuführen, im speziellen Fall mit dieser Lösung meistens wenig anfangen lassen.

Anwendungen.

6. Die obigen Gleichungen liefern zugleich eine Theorie der Reizung durch Stromstöße, wenn man die Annahme macht, daß die Reizschwelle erreicht wird, sobald an der Grenzfläche des Protoplasmas der Zellen durch den Strom eine gewisse Konzentrationsdifferenz

$$A = c - c_0$$

[1] Die obige Gleichung findet sich ferner abgeleitet und auf die Polarisation von Metallelektroden angewandt in einer sehr bemerkenswerten Arbeit von S. R. MILNER (Philosoph. Mag. Mai 1905).

hervorgerufen ist. Ein Reiz würde hiernach gerade dann eintreten, wenn durch den Strom eine Konzentrationsdifferenz in einem A erreichenden oder übersteigenden Betrage sich eingestellt hat.

So ergibt sich nach Gl. (9), daß ein Wechselstrom dann einen Reiz ausübt, wenn die Gleichung

$$(13) \qquad A \leqq c - c_0 = \frac{a\nu}{\sqrt{n}\sqrt{k}}$$

erfüllt ist, und so finden wir das Gesetz, wonach der Strom, der gerade noch einen Reiz ausübt, der Quadratwurzel aus der Schwingungszahl proportional ansteigt (Nernst, a. a. O. 1899).

Dieses Gesetz ist innerhalb gewisser Grenzen durch die Versuche von Zeynek[1], Nernst und Barratt[2], Reiss[3] gut bestätigt worden. Die obigen Betrachtungen haben nun aber gelehrt, daß es nicht einmal nötig ist, reine Sinusströme zu verwenden, sondern daß das obige Quadratwurzelgesetz für jeden beliebigen Wechselstromerzeuger gelten muß, wenn nur die Schwingungsform mit der Frequenz sich nicht ändert. Dies wird aber offenbar, wie bereits oben betont, für jeden rotierenden Wechselstromerzeuger mit großer Annäherung zutreffen.

Bei den ersten Versuchen, die auf meine Veranlassung ausgeführt wurden, nämlich denen von Zeyneck, wurde auf diesen Punkt zunächst weniger geachtet, und man verglich die Reizwirkung zweier verschiedener Wechselstrommaschinen direkt miteinander, was offenbar strenge nicht statthaft ist. Im folgenden sind die mit beiden Maschinen erhaltenen Resultate getrennt aufgeführt; Tabelle I bezieht sich auf die mit einem Sinusinduktor nach Kohlrausch erhaltenen Zahlen, Tabelle II enthält die mit einer Hochfrequenzmaschine gewonnenen Er-

Tabelle I.

m	i beob.	i ber.	$i\sqrt{m}$
5.3	5.8	5.5	2.51
12	8.2	8.3	2.36
32	12.6	13.6	2.23
44	15.1	15.9	2.27
75	22.0	20.8	2.54
84	23.2	22.1	2.54
100	25.3	24.0	2.53
110	25.5	25.3	2.42

$i = 2.4\sqrt{m}$

[1] Gött. Nachr., Math.-physik. Klasse, Heft 7 (1899).
[2] Zeitschr. f. Elektrochemie 1904, S. 664.
[3] Pflügers Archiv 117 578 (1907).

Tabelle II.

Zahl der Messungen	m	i beob.	i ber.	$i\sqrt{m}$
1	571	43.2	39.5	1.80
8	899	51.6	49.3	1.72
11	1320	62.3	60.0	1.71
8	1928	74.6	72.5	1.70
3	2587	86.7	83.8	1.70
5	3540	97.7	98.0	1.64
5	4474	106	110	1.59

$i = 1.65\sqrt{m}$

$m = \frac{n}{2\pi}$ bedeutet die Zahl der ganzen Stromwechsel.

gebnisse. In letzterer Tabelle sind immer eine Anzahl nahestehender Werte zu einem Generalmittel vereinigt. Bemerkt sei noch, daß überall nur diejenigen Messungen benutzt wurden, bei denen der Strom mit Hilfe eines Dynamometers gemessen wurde, weil diese Messungen offenbar die genaueren sind.

Die obigen Tabellen lehren, daß für jede Versuchsreihe einzeln das Quadratwurzelgesetz gut stimmt; der Unterschied zwischen den Wellenformen beider Maschinen zeigt sich aber darin, daß in den beiden durchaus vergleichbaren Zahlreihen der Quotient $\frac{i}{\sqrt{m}}$ im ersten Falle stets größer ist als im zweiten und daß im Mittel die Reizfähigkeit des Wechselstroms der zweiten Maschine fast das anderthalbfache derjenigen der ersten ist.

Gleichzeitig ersehen wir somit, daß für die sensibeln Nerven der Fingerspitzen, worauf sich die obigen Messungen beziehen, das Quadratwurzelgesetz bis zu relativ kleinen Schwingungsdauern herab gültig bleibt; ein Resultat, das sich übrigens in vollem Einklang mit den neuern Ergebnissen von Reiss (a. a. O.) befindet.

7. Die Berechnung des Reizeffekts durch einen konstanten Strom i, der während der Zeit t wirkt, liefert uns Gleichung 12, indem nach dieser Formel dann ein Reiz auftreten wird, wenn die Bedingung

$$A \leqq c - c_0 = vi\sqrt{\frac{t}{\pi k}}$$

erfüllt ist. Für die Reizschwelle selber ergibt sich demnach

$$(14) \qquad i\sqrt{t} = \text{const.}$$

Zur Prüfung dieser Gleichung liegen zunächst die Versuche von Weiss[1] vor, der bekanntlich diese Art der Reizung zuerst eingehend

[1] Archives italiennes de Biologie **35** Fasc. III 1 (1901).

studiert hat, indem er eine bestimmte elektromotorische Kraft während einer gewissen sehr kleinen, aber genau meßbaren Zeit in einen großen selbstinduktionsfreien Widerstand schloß; das zu untersuchende Präparat befand sich ebenfalls im Stromkreise. Man kann dann annehmen, daß ein nach dem Ohmschen Gesetze zu berechnender Strom i während der Zeit t in konstanter Stärke gewirkt hat. Der genannte Forscher fand bei seinen Versuchen innerhalb gewisser Grenzen als gültig die Formel:

$$i = \frac{a}{t} + b .$$

Es ist von vornherein klar, daß meine Formel mehr besagt als diejenige von Weiss, weil letztere zwei, erstere nur eine von der Natur des untersuchten Objekts abhängige Konstante enthält. Für kleinere Variationen von Zeit und Stromstärke können naturgemäß beide Formeln stimmen, für größere differieren sie hinreichend, um ohne weiteres eine Entscheidung zwischen ihnen zu erlauben. Aber auch in den Fällen, wo beide Formeln etwa gleich gut stimmen, würde die Formel von Weiss als die weniger leistungsfähige angesehen werden müssen, weil sie eben unnötig viel willkürliche Konstante enthält, auch abgesehen davon, daß die Formel von Weiss rein empirisch ist.

Versuche von Weiss.

Die in den folgenden Tabellen angegebenen Zeiten t sind mit 0.000077 zu multiplizieren, um Sekunden zu erhalten; als Stromstärken i sind die damit proportionalen Spannungen angegeben; der in jeder Versuchsserie konstante Widerstand betrug meistens gegen 500000 Ohm.

Rana esculenta.

t	i beob.	i ber.	$c\sqrt{t}$
6	147	136	360
8	124	119	351
10	110	106	349
12	94	97	326
16	81	84	324
20	73	75	326
30	62	61	340
40	57	53	361

$$i = \frac{335}{\sqrt{t}}$$

Rana esculenta.

t	i beob.	i ber.	$c\sqrt{t}$
4	(185)	177	(370)
6	142	145	348
8	123	126	348
10	112	112	355
12	103	102	358
14	97	95	364
20	86	79	384
40	77	56	487

$$c = \frac{355}{\sqrt{t}}$$

Frosch.

t	i beob.	i ber.	$i\sqrt{t}$
6	87	82	213
8	69	71	195
10	62	63	203
12	57	58	198
14	54	54	202

$$i = \frac{200}{\sqrt{t}}$$

Frosch (kurarisiert).

t	i beob.	i ber.	$c\sqrt{t}$
5	(136)	112	(305)
10	90	85	285
15	70	70	272
20	58	60	259
25	53	54	265
30	50	49	274

$$i = \frac{270}{\sqrt{t}}$$

Rana temporaria.

t	i beob.	i ber.	$i\sqrt{t}$
4	(78)	72	(156)
10	42	46	133
15	36	37	140
20	32	32	143
40	27	23	171

$$i = \frac{145}{\sqrt{t}}$$

Kröte.

t	i beob.	i ber.	$c\sqrt{t}$
4	(175)	137	(350)
10	84	87	282
15	70	71	272
20	59	61	264
40	45	44	284

$$i = \frac{275}{\sqrt{t}}$$

Schildkröte.

t	i beob.	i ber.	$c\sqrt{t}$
4	(122)	105	(244)
10	66	66	209
15	52	54	202
20	45	47	201
40	36	33	228

$$i = \frac{210}{\sqrt{t}}$$

Zunächst fällt in den obigen Tabellen eine Abweichung zwischen Theorie und Versuch bei $t = 4$ auf, die immer im gleichen Sinne liegt und ziemlich konstant 10 bis 20 Prozent beträgt; da Weiss ausdrücklich bemerkt (a. a. O. S. 21), daß die Fehler der Zeitbestimmung erst bei $t = 5$ bis 6 zu vernachlässigen sein werden, so liegt die Vermutung nahe, daß hier in der Tat eine einseitige Fehlerquelle aufgetreten ist, und ich hielt mich daher für berechtigt, die auf $t = 4$ und 5 bezüglichen Werte einzuklammern. Bei längeren Zeiten tritt in einigen Fällen eine Abweichung in dem Sinne auf, daß hier der Strom schwächer wird, als er nach unsern Formeln wirken sollte. Dies war aber nach den Voraussetzungen der Theorie zu erwarten, indem bei länger dauernden Reizen[1] die Konzentrationsdifferenzen infolge Störung durch benachbarte Membranen verringert werden. Hiervon abgesehen, ist aber die Übereinstimmung zwischen Versuch und Theorie so gut, als nur zu erwarten war.

Versuche von Lapicque[2].

Froschmuskel, erregt durch den Nerv. $t = 12^\circ 5$

$t \cdot 10^3$	i beob.	i ber.	$i\sqrt{t} \cdot 10^3$
0.33	175	165	101
0.66	115	116	93
1	91	95	91
1.5	76	77	93
2	68	67	97
2.5	64	60	101
3	61	55	106

$$i = \frac{95}{\sqrt{t}}$$

Dasselbe; $t = 24^\circ 5$

$t \cdot 10^3$	i beob.	i ber.	$i\sqrt{t}\, 10^3$
0.33	270	270	155
0.60	187	191	152
1	155	155	155
1.5	126	126	155
2	115	110	163
2.5	112.5	98	178
3	112	90	194

$$c = \frac{155}{\sqrt{t}}$$

[1] Nernst, a. a. O. S. 107 (1899).

[2] Journ. de Physiologie et Pathologie, Juli 1907, Bd. 9.

Aplysia punctata.[1]

$t\cdot 10^2$	i beob.	i ber.	$i\sqrt{t}10^2$	Formel von WEISS
0.4	9.0	9.5	5.8	17.0
0.6	8.0	7.8	6.2	11.7
1.2	5.6	5.5	6.1	6.5
2.4	3.9	3.8	6.0	3.9
3.4	3.4	3.3	6.3	3.1
7.8	2.5	2.8	5.5	2.6
7.8	2.1	2.2	5.9	2.1

$$i = \frac{6.0}{\sqrt{t}}$$

Die Versuche von LAPICQUE sind zweifellos mit außerordentlicher Präzision ausgeführt; entsprechend ist die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Versuch eine derartige, wie sie bisher wohl nur in den Versuchen von BARRATT und mir (S. 8) erreicht wurde; es darf wohl als überraschend bezeichnet werden, daß sich für den physiologischen Reiz nicht nur Messungen, sondern auch Gesetze von solcher Exaktheit erbringen lassen. Die Abweichungen, welche die Versuche von WEISS für die Zeiten $4\cdot 0.000077 = 0.308\cdot 10^{-3}$ zeigten, fehlen in den letzten Tabellen bei den entsprechenden Zeiten $t = 0.33\cdot 10^{-3}$. Hingegen finden wir auch hier, wenigstens bei den Froschpräparaten, die oben erwähnte und begründete Abweichung, wonach bei länger dauernden Reizen der Strom schwächer wird, als es die nur für Momentanreize gültigen Formeln verlangen.

Besondere Hervorhebung verdient, daß, wie die fünfte Kolumne der letzten Tabelle zeigt, die Formel von WEISS gänzlich versagt, während meine einfachere Formel die Beobachtungen sehr gut wiedergibt.

---

[1] LAPICQUE, Bulletin de la Station biologique d'Arcachon 1904/05, S. 12.

Das erste Auftreten der Arier in der Geschichte.

Von Eduard Meyer.

In den vor wenigen Tagen erschienenen »Vorläufigen Nachrichten über die Ausgrabungen in Boghazkiöi im Sommer 1907«[1] hat Hugo Winckler einen äusserst inhaltreichen Bericht über den Inhalt der zahlreichen Thontafeln gegeben, welche aus den Archiven der Hauptstadt des alten Chetiterreichs erhalten sind, die er in Boghazkiöi im nordöstlichen Kleinasien, im Centrum der Landschaft, die seit der Perserzeit Kappadokien heisst, aufgedeckt hat. Sie gehören der Zeit von rund 1400 bis 1200 v. Chr. an. So wenig Winckler daran denken konnte, in dieser Zusammenstellung der Ergebnisse einer ersten raschen Durchsicht der Funde ihren Inhalt auch nur annähernd vollständig wiederzugeben, so dankenswerth und lehrreich ist das, was er uns bereits hat bieten können. Unter der Fülle des Neuen befindet sich ein Document, welches die Aufmerksamkeit in ganz hervorragender Weise in Anspruch nimmt; und an dieses möchte ich eine kurze Bemerkung anknüpfen.

Als in dem Thontafelfund von Tell el Amarna die Correspondenz des Pharao Amenophis' III. (ca. 1415—1380) und seines Sohnes Amenophis' IV. mit ihren »Brüdern«, den Königen der asiatischen Reiche, und mit ihren Vasallen in Syrien zu Tage trat, hat es sofort die Aufmerksamkeit erregt, dass unter den Namen der Fürsten und Dynasten Syriens (bis nach Palästina hinab) und des nördlichen Mesopotamiens zahlreiche Namen vorkamen, welche deutlich iranisches Gepräge haben[2]. Ich habe im letzten Frühjahr das gesammte für die älteste Geschichte der Iranier zu Gebote stehende Material zusammengestellt und gesichtet in einem Aufsatz, der jetzt in der Zeitschrift für vergleichende Sprachwissenschaft gedruckt wird. Ich kam zu dem Ergebniss, dass die Iranier etwa im 18. oder 17. Jahrhundert in ihre späteren Wohnsitze eingerückt und einzelne Schaaren, sei es auf Raubzügen, sei es

[1] Mittheilungen der Deutschen Orientgesellschaft Nr. 35.

[2] Sie sind zuerst von Hommel, Hethiter und Skythen und das erste Auftreten der Iranier, Ber. Böhm. Ges. d. W. 1898, zusammengestellt worden, der aber viele sicher nicht hierher gehörige Namen heranzieht und dessen Schlussfolgerungen ich nicht beistimmen kann.

als Soldtruppen, weit darüber hinaus nach Mesopotamien und Syrien vorgedrungen sind und hier, inmitten einer fremdsprachigen Bevölkerung, Dynastien gegründet haben, ähnlich den Germanen im römischen oder den Türken im islamischen Reich. Ich schloss daran die Vermuthung, dass das Pferd, das bekanntlich der älteren Zeit Babyloniens eben so fremd ist[1] wie der Ägyptens, dagegen seit dem 16. Jahrhundert uns in der ganzen vorderasiatisch-ägyptischen Culturwelt und ebenso in Kreta und Mykene als Kriegsross am Streitwagen überall entgegentritt — dass es noch Jahrhunderte lang keinerlei andere Verwendung findet, zeigt seinen fremden Ursprung eben so deutlich wie die Schreibung »Esel des (östlichen) Berglandes« für Pferd im Babylonischen —, dass das Pferd durch die Iranier in die vorderasiatische Welt gekommen sei. Speciell lässt sich behaupten, dass die Dynastie, die im 15. und 14. Jahrhundert in Mitani herrschte, d. i. in dem zu beiden Seiten des Euphrat in dem Lande Naharain (Παραποταμία) der Semiten und Ägypter (= Chanigalbat der Assyrer) gelegenen Reiche, iranischen Ursprungs sei; ihre Könige heissen Artạtama, Artašuwara, Šutarna, Dušratta, wozu jetzt noch Sa-uš-ša-tar, mit Šatar = khšatra, und Mattiwaza kommen[2]. Die letzten Nachkommen dieser Iranier sind die Könige Kundaspi (854 v. Chr.) und Kustaspi (743 v. Chr.) von Kommagene (Kummuch).

Diese Annahmen werden jetzt in der willkommensten und überraschendsten Weise bestätigt und erweitert durch Winckler's Angaben über die Urkunden von Verträgen, die der Chetiterkönig mit dem König von Mitani zu Anfang des 14. Jahrhunderts geschlossen hat. Als Schützer der Verträge werden die Götter der beiden Reiche angerufen; und in der Götterliste erscheinen, nach zahlreichen babylonischen und einheimischen Gottheiten, unter den Göttern von Mitani nach Winckler's Mittheilung

---

[1] Ungnad, Orientalistische Litteraturzeitung X 1907, 638f., hat jetzt das Pferd in einer babylonischen Urkunde nachgewiesen, die »ihrer Schrift und ihrem ganzen Aussehen nach etwa in die Zeit Hammurabi's oder Samsuiluna's gesetzt werden muss« — das wäre nach der jetzt meines Erachtens völlig feststehenden babylonischen Chronologie um 1900 v. Chr. Das würde also nichts gegen meine These beweisen, sondern nur zeigen, dass um diese Zeit die Iranier im Vorrücken waren und das Pferd sich bereits über das von ihnen besetzte Gebiet hinaus zu verbreiten begann. Denn dass der Zeit Chammurabi's das Pferd noch fremd war, beweist sein Gesetz, das es nirgends erwähnt. Besonders entscheidend sind Stellen wie § 7 und 8, wo ausser Silber und Gold, Knechten und Mägden als beweglicher Besitz »Rind oder Schaf, Esel oder sonst etwas« (§ 8 fügt noch Schwein und Schiff hinzu) genannt wird, während das Pferd fehlt. Ebenso behandelt § 224 f. der Thierarzt nur Rind und Esel; das Pferd ist auch hier nicht genannt. — In den Urkunden der Kossaeerzeit dagegen (seit 1760) wird das Pferd häufig erwähnt.

[2] Winckler S. 37.

(ilâni) mi-it-ra-aš-ši-il (ilâni) u-ru-w-na-aš-ši-el
Variante: a-ru-na-aš-ši-il
(ilu) in-dar (ilâni) na-ša-a[t-ti-ia-a]n-na
Variante: in-da-ra na-š[a]-at-ti-ia-an-na.

Die Suffixe *-aššil* und *-anna* müssen der chetitischen Sprache angehören und werden wohl in Zukunft von hier Aufklärung finden. In den drei ersten Gottesnamen hat Winckler mit vollem Recht Mithra, Varuna und Indra erkannt; zu dem vierten macht er den Zusatz: »Nāsatya die 'Zwillinge'? (F. C. Andreas)«. Diese Gleichsetzung ist zweifellos richtig; sie führt aber noch einen Schritt weiter. Nāsatyā (Dual) ist im Veda der ständige, seiner Bedeutung nach freilich noch ganz dunkle Beiname der beiden Aśvin's, der den Dioskuren und den verwandten Gestalten entsprechenden hilfreichen Gottheiten. Einmal, Rigveda VIII 26, 8, werden Indra und die beiden Nāsatya zu dem Compositum Indra-nāsatyā (Dual) zusammengefasst; sie werden hier angerufen, das Opfer des Sängers entgegenzunehmen (*ā me asya pratīvyam indranāsatyā gatam*).

Das Nebeneinanderstehen dieser vier Götternamen und vollends ihre Gruppirung schliesst jede Möglichkeit eines Zufalls aus. Wie Indra[1] und die beiden Nāsatyā, so bilden bekanntlich auch Mitra und Varuna ein, im Veda sehr oft zu dem Dvandvacompositum Mitra-Varuṇā zusammengesetztes, Paar[2]. Die beiden Paare haben in der iranischen Religion ganz verschiedene Schicksale gehabt. Während Varuna, wenn auch nicht unter diesem Namen, so doch unter dem Namen Ahura (= Asura) von Zarathustra als der höchste Gott anerkannt und mit seiner abstracten Neuschöpfung Mazdāo, der »grossen Weisheit«, identificirt wurde, und Mithra von seiner Religion wenigstens als populäre Gottheit geduldet und dann von Artaxerxes II. neben Anâhita officiell unter die grossen Götter des Parsismus aufgenommen worden ist, sind Indra[3] und die Nāsatya's (letztere in der Form Nāonhaithya als männliches Einzelwesen[4]) zu Teufeln (daeva) degradirt worden (Vend. 10, 17. 19, 43).

---

[1] Ob man aus der Schreibung In-dar, In-da-ra folgern darf, dass damals wirklich die im Rigveda noch häufig vom Metrum geforderte Form Indara gesprochen wurde, oder ob hier lediglich die Unmöglichkeit gewirkt hat, eine Häufung von drei Consonanten in Keilschrift wiederzugeben, wird sich kaum entscheiden lassen.

[2] Hängt damit zusammen, dass vor jedem der beiden das Gottesdeterminativ im Plural (*ilâni*) steht, und dass beide Namen dasselbe Suffix *šil* oder *aššil* haben? Vor Indra steht das Gottesdeterminativ richtig im Singular (*ilu*), vor Nasatya im Plural.

[3] Dass die richtige Lesung im Awesta Indra (nicht Andra) ist, ist jetzt, wie mir Pischel mittheilt, durch Geldner festgestellt.

[4] Auch in der späteren indischen Mythologie ist Nāsatya Singular und Eigenname des einen der beiden Aśvin's; der andere heisst Dasra.

Wir können den Stammbaum der Könige von Mitani über Dušratta, der um 1400 v. Chr. regierte, drei Generationen bis zu Sauššatar hinauf verfolgen. Spätestens zu Anfang des 15. Jahrhunderts hat mithin eine arische (iranische) Dynastie[1] hier, im nordwestlichen Mesopotamien, die Herrschaft gewonnen, vielleicht aber noch beträchtlich früher[2]. Mithin müssen die arischen Stämme damals schon in Iran gesessen haben. Man sieht, die Ausbreitung der Arier aus der gemeinsamen Heimath nach Südosten ins Indusgebiet, wo wir sie in der vedischen Zeit antreffen, und nach Westen nach Iran, bis nach Medien und Persien und in einzelnen Schaaren noch weit darüber hinaus, ist ungefähr gleichzeitig erfolgt, in den ersten Jahrhunderten des zweiten Jahrtausends. Der letzte Ausgangspunkt der grossen Bewegung kann nur das Gebiet des Oxus und Jaxartes gewesen sein, wie bei dem Vordringen der Indoskythen und der Türken; doch möchte ich es nicht mehr mit der Bestimmtheit, mit der es gewöhnlich geschieht, als gesicherte historische Thatsache hinstellen, dass die Arier in diesem Gebiete längere Zeit hindurch als einheitliches Volk auf beschränktem Raum gesessen haben; die Invasion kann sehr wohl auch von weiter her erfolgt sein und Baktrien lediglich das letzte vorübergehende Durchgangsgebiet gebildet haben.

Die Vergleichung der Sprache, Religion und Litteratur der Inder und Iranier hat gezeigt, dass beide sich erst in relativ recht später Zeit aus dem einheitlichen, geschichtlich völlig greifbaren Volk der Arier differenzirt haben, und zwar wesentlich in Folge der von denselben Grundanschauungen ausgehenden, dann aber in diametral entgegengesetzter Richtung verlaufenden religiösen Entwickelung der beiden Zweige, die in Indien zum Brahmanismus führt, in Iran durch die neue von Zarathustra geschaffene speculative Religion bestimmt

---

[1] In charakteristischem Gegensatz zu den arischen Namen der Könige stehen die Namen ihrer Töchter, Giluchipa und Tatuchipa, die der einheimischen Volkssprache angehören und mit dem Namen einer einheimischen Göttin Chipa (Winckler S. 48) gebildet sind.

[2] Nach mehreren, im einzelnen noch sehr dunklen Mittheilungen Winckler's (S. 32 f. 37 ff. 49 f.) scheint das Element, welches in Mitani damals die Herrschaft führte, in diesen Texten mit dem Namen Charri bezeichnet zu werden; das würden dann also, wie Winckler S. 52 annimmt, die Arier sein. Dagegen kann ich seine weitere Annahme nicht für richtig halten, diese Charri seien mit den Choritern identisch, die im A. T. als Urbewohner Edoms und in den isolirten Texten Gen. 34, 2 und Jos. 9, 7 (LXX ὁ χορραῖος, im hebräischen Text in Chiwwiter geändert) sowie in einzelnen Sagenspuren als Urbevölkerung Palästinas erscheinen (s. Die Israeliten und ihre Nachbarstämme, S. 330 ff. 339 f. 345. 406), bei den Ägyptern des neuen Reichs in der Form Charu, Chôr Palästina bezeichnen. Hier scheint lediglich ein zufälliger Gleichklang vorzuliegen; im übrigen müssen wir hier die weiteren Aufschlüsse abwarten, welche die vollständigen Texte bringen werden.

wird[1]. Unser Text führt uns in diese arische Periode hinein; oder vielmehr, er stellt uns die von der Forschung erschlossene vollständige Übereinstimmung der Vorfahren der Inder und Iranier in Sprache[2] und Religion lebendig vor Augen und zeigt, dass sie auch im 14. Jahrhundert noch bestanden hat[3]. Dieselben Götter, welche die Bewohner des Pendjâb in der vedischen Zeit als Hauptgötter verehrten, treten uns hier, 400 Meilen weiter westlich, in derselben Zeit als die Götter der Arier in Mitani entgegen. Die Differenzirung ist erst in der folgenden Zeit eingetreten, vor Allem durch das Auftreten des Propheten Zarathustra.

Zum Schluss möchte ich, gegenüber den auf diesem Gebiete vielfach begegnenden ganz unklaren und verwirrten Vorstellungen, darauf hinweisen, dass dies Vordringen der arischen Stämme nach Westen mit dem Einbruch der Indogermanen von Westen her in Kleinasien gar nichts zu thun hat. Soviel wir jetzt sehen können, hat Kleinasien bis zum Ende des 13. Jahrhunderts eine im Wesentlichen einheitliche, wenn auch in mehrere Volksstämme gespaltene, vorindogermanische Bevölkerung gehabt — darüber dürfen wir ja jetzt aus den chetitischen Urkunden genauere Aufschlüsse erhoffen. Aber die älteste Cultur dieser Gebiete, welche uns in den Denkmälern von Troja, Phrygien, Cypern entgegentritt, hat mit den Indogermanen gar nichts zu thun; und vollends verkehrt ist es, diese, oder gar speciell ein geschichtlich so junges Volk wie die Phryger, in die älteste Cultur Kreta's und die dortigen Bevölkerungsverhältnisse hineinzutragen. Über die Meerengen mögen thrakische Volksstämme schon früher gegangen sein. Aber die grosse Völkerverschiebung, durch die die Mitte der Halbinsel von dem thrakisch-indogermanischen Volk der Phryger besetzt wurde (von denen dann wieder, noch etwa 6 Jahrhunderte später, die Armenier ausgegangen sind), ist erst durch die grosse Völker-

---

[1] Den von mir schon früher kurz angedeuteten Nachweis, dass die Meder im Jahre 715 Mazdajasnier, d. h. Bekenner der Religion Zarathustra's, waren, dieser also beträchtlich früher, etwa um 1000 v. Chr., gelebt haben muss, habe ich in der erwähnten Abhandlung weiter ausgeführt.

[2] Denn die Form Našatia zeigt, dass der iranische Übergang von s in h damals noch nicht eingetreten war. Daher liegt jetzt auch kein Grund mehr vor, die Annahme von Scheftelowitz (Z. f. vergl. Sprachw. XXXVIII 1902) zu verwerfen, dass der kossäische Gottesname Šuriaš, den das kossäische Glossar (Delitzsch, Die Sprache der Kossäer S. 25) als Sonnengott erklärt, = skr. *sūrya(s)* ist. Dasselbe Wort, in der Form *sūra*, steckt in dem palästinensischen Dynasten Šuwardata der 'Amarnabriefe und in dem Mitanikönig Artašuwara.

[3] Für die Ausbreitung derselben, dialektisch kaum differenzirten Sprache über ein gewaltiges Gebiet, die uns bei den Iraniern in Iran wie den iranischen Stämmen der Skythen, Sauromaten, Jazygen entgegentritt, bietet die gleichartige Erscheinung bei den türkischen Stämmen die beste Analogie.

wanderung zu Anfang des 12. Jahrhunderts herbeigeführt worden, welche wir seit langem aus den Berichten und Wandgemälden Ramses' III. kennen. Dieser Völkerwanderung ist, wie Ramses III. erwähnt, auch das grosse Chetiterreich erlegen, dessen Urkunden daher nach Winckler's Angaben um eben diese Zeit mit Arnuanta, dem Enkel des um 1300 zur Regierung gekommenen Chattušil, des bekannten Zeitgenossen Ramses' II., abbrechen.

Zerlegung hochkomplizierter chemischer Verbindungen im schwankenden magnetischen Kraftfeld.

Von J. Rosenthal
in Erlangen.

(Vorgelegt von Hrn. Fischer.)

Es ist bekannt, daß chemische Verbindungen durch Zufuhr von Energie zerlegt werden können. Neben der durch Wärmezufuhr bewirkten sogenannten Dissoziation sind besonders die Zerlegungen durch Licht (aktinische Wirkung) als Beispiele derartiger Einwirkung zu nennen.[1]

Eine eigenartige Stellung nehmen jene Gruppen hochkomplizierter chemischer Verbindungen ein, welche durch Enzyme hydrolytisch gespalten werden. Eine gute Theorie der Enzymwirkung fehlt noch. Vielleicht gilt für sie dasselbe, was nach Hrn. W. Ostwald das Wesen der Katalyse ausmachen soll, nämlich daß Reaktionen, welche sehr langsam verlaufen, in ihrem Ablauf beschleunigt werden. Aber auch wenn wir dies annehmen, bleibt noch immer die Frage offen, worauf diese beschleunigende Wirkung beruht und wie es zu erklären ist, daß jedes Enzym nur auf einen bestimmten Stoff oder auf eine Gruppe von Stoffen zerlegend einwirkt, was Hr. Emil Fischer durch das schöne Gleichnis von dem Schlüssel, der in das Schloß passen muß, anschaulich gemacht hat.

Beim Nachdenken über die Enzymwirkungen gelangte ich zu der Ansicht, daß es möglich sein müsse, die hydrolytische Zerlegung jener Körper durch Einwirkung elektromagnetischer Schwingungen herbeizuführen, welche ja nach allgemein anerkannten Anschauungen mit den Lichterscheinungen dem Wesen nach identisch sind, und so eine Brücke zu schlagen von den Enzymwirkungen zu den im Eingang

[1] Der »aktinischen« Wirkung nahe verwandt sind jedenfalls auch die bisher freilich noch unvollkommen studierten »photodynamischen« Wirkungen. Die Literatur über die hierhergehörigen Untersuchungen findet man zusammengestellt in der Abhandlung des Hrn. Hideyo Noguchi in: Studies of the Rockefeller Institute. Bd. 5. Journal of Experimental Medicine 1906, S. 252ff.

erwähnten aktinischen und photodynamischen Erscheinungen. Nur müsse, so nahm ich an, die Art und Weise der elektromagnetischen Einwirkung den besondern Umständen jener Stoffe angepaßt werden. Als wesentlich glaube ich ansehen zu müssen den Umstand, daß alle durch Enzyme zerlegbaren Stoffe (Proteine, Glukoside, Saccharosen) einen oder mehrere asymmetrische Kohlenstoffe enthalten, denen sie nach der Hypothese der HH. LE BEL und VAN'T HOFF die Fähigkeit verdanken, die Polarisationsebene des Lichts zu drehen.

Ich ging bei meinen Versuchen von der bekannten, schon vor 61 Jahren von M. FARADAY gemachten Entdeckung des Zusammenhangs von Licht und Magnetismus aus.[1] Die Polarisationsebene eines Lichtstrahls, welcher sich in einem magnetischen Kraftfeld parallel zur Achse des Feldes fortpflanzt, wird gedreht, und zwar entweder nach rechts oder nach links, je nachdem die Fortpflanzung der Lichtschwingungen vom Nord- zum Südpol oder umgekehrt erfolgt. In einem solchen Kraftfeld hat man sich, sagte ich mir, den Äther als in einem Zustand der Spannung befindlich vorzustellen. Wenn aber das Kraftfeld schwankt, so müssen Ätherschwingungen eigner Art entstehen. Von diesen vermutete ich, daß sie auf jene Körper zerlegend wirken werden.[2]

Ich brachte deshalb die zu verändernden Stoffe entweder in wäßriger Lösung oder, wenn sie unlöslich waren, in Wasser aufgeschwemmt in ein Solenoid und leitete durch dessen Windungen elektrische Ströme, welche in regelmäßiger Folge entweder einfach unterbrochen oder in ihrer Richtung gewechselt wurden. Solange die Ströme nach Intensität und Richtung konstant blieben, konnte, wie zu erwarten war, keine Veränderung der eingeführten Stoffe beobachtet werden. Waren aber die Ströme schwankend, so traten Zerlegungen ein, wie sie bei den betreffenden Substanzen durch Enzyme hervorgerufen werden.

Hauptbedingung für die Erzielung eines positiven Erfolges ist unter allen Umständen eine ganz bestimmte Zahl der Unterbrechungen oder Richtungswechsel. Ist diese nicht getroffen, so bleibt der Erfolg aus. Statt dessen tritt als Folge der Absorption der Schwingungen nur Erwärmung ein. Hat man aber die richtige

---

[1] M. FARADAY, Experimental Researches. XIX. series. Philos. Transactions 1846. S. 1. Übersetzung von S. KALISCHER. Bd. III. S. 1 ff.

[2] Diese Schwingungen sind, wie man sieht, von etwas andrer Art als die gewöhnlich mit dem Namen »elektrische Schwingungen« belegten, die ich als HERTZsche Schwingungen bezeichnen möchte. Sie kommen mit dem überein, was in benachbarten Leitern die Induktionserscheinungen hervorruft. Da es sich um periodisch verlaufende Zustandsänderungen des Äthers handelt, so dürfen wir aber für sie unzweifelhaft auch die Bezeichnung »Schwingungen« gebrauchen.

Frequenz getroffen, so fällt bei gleicher Stärke des benutzten Stromes die Erwärmung auffallend gering aus. Ganz zu vermeiden ist sie niemals. Erstlich entsteht in den Windungen des Solenoids Joulesche Wärme, welche zum Teil auf die innerhalb des Solenoids befindliche Substanz übergeht.[1] Zweitens entstehen in der Flüssigkeit durch Induktion kreisförmig verlaufende Wirbelströme. Denn wenn auch die Substanzen, mit denen gearbeitet wird, Nichtelektrolyte und deshalb Nichtleiter der Elektrizität sind, so ist doch das benutzte destillierte Wasser nicht in dem Maße chemisch rein, um ein vollkommener Isolator zu sein. Immerhin müssen diese Wirbelströme sehr schwach sein und können nur wenig Wärme liefern. Daneben aber wird ein großer Teil der Energie der Schwingungen, um deren Wirkungen es sich bei unsern Versuchen handelt, von der in das Solenoid eingeführten Substanz absorbiert. Wenn die Frequenz richtig getroffen ist, dann wird der größte Teil dieser Energie in diejenige geordnete Bewegung übergeführt, welche den Effekt hat, die Substanz zu zerlegen, und nur ein kleiner Teil tritt als ungeordnete Bewegung in Gestalt vermehrter Energie der unzerlegten Molekeln, d. h. als Temperatursteigerung, auf.

Durch diese Erfahrung wird jeder Verdacht beseitigt, daß die beobachtete Zerlegung eine Folge der Erwärmung sein könnte. Abgesehen davon, daß gelinde Erwärmung, wie sie in den gut gelungenen Versuchen eintritt, innerhalb der Versuchsdauer nachweislich keine hydrolytische Spaltung herbeiführt, zeigt sich ja eben, daß Spaltung und Erwärmung zwei differente Wirkungen der Stromschwankungen sind, zwei Summanden, von denen der eine um so geringer wird, je mehr der andre wächst.

Aus demselben Grunde ist es auch ausgeschlossen, daß irgendwelche andre Nebenwirkungen der elektrischen Schwankungen sekundär die Zerlegung bewirken. Man könnte daran denken, daß in den Windungen des Solenoids durch Induktion hohe Spannung entsteht und diese in der Flüssigkeit Ionen freimacht, oder daß die Ionisation in der Flüssigkeit selbst durch die oben erwähnten, wenn auch schwachen Wirbelströme entsteht. Aber alle diese Vermutungen halten nicht Stich vor der Grundtatsache, daß eben nur bei einer ganz bestimmten Frequenz die Zerlegung eintritt, bei einer zu geringen oder zu hohen dagegen ausbleibt. Aus alledem folgt, daß die Erscheinungen, von welchen ich spreche, nichts mit elektrolytischen oder sekundär elektrolytischen Vorgängen zu tun haben. Ganz abgesehen

[1] Um diesen Teil der Wärmeentwicklung in mäßigen Grenzen zu halten, muß der Ohmsche Widerstand des Solenoids möglichst gering und die Zahl der Windungen nicht zu groß sein.

davon, daß die wirkenden Ströme nur allein in den Solenoidwindungen verlaufen und die Stoffe, auf welche gewirkt wird, Nichtelektrolyte sind, können auch die schwachen sekundär entstehenden Ströme nicht für die Wirkung verantwortlich sein, da diese Wirkung dann nicht ausschließlich an eine ganz bestimmte Schwingungszahl gebunden sein könnte.

Diese wirksame Schwingungszahl festzustellen, ist sehr schwierig. An theoretischen Anhaltspunkten, sie im voraus zu bestimmen, fehlt es ganz und gar. Man ist daher vollkommen auf das Probieren angewiesen. Ich habe außerordentlich viel Zeit verloren dadurch, daß ich anfangs mit hochfrequenten Schwingungen arbeitete, wie man sie nach den Methoden von HERTZ u. a. erhält. Die Intensität dieser Ströme ist ja an und für sich gering; außerdem werden sie durch die Selbstinduktion des zu meiner Anordnung notwendigen Solenoids sehr geschwächt, ja bei sehr hohen Frequenzen vollkommen ausgelöscht, da dann das Solenoid als Drosselspule wirkt. Ich ging dann zu Schwingungen von sehr geringen Frequenzen über. Entweder leitete ich den von der städtischen Zentrale gelieferten Strom direkt durch die Solenoidwindungen unter Einschaltung eines hydrolytischen Unterbrechers und einer passenden Selbstinduktion. Oder ich brachte das Solenoid in den Nebenschluß eines Flammenbogens zusammen mit einer Kapazität und einer veränderlichen Selbstinduktion. Oder ich schaltete das Solenoid direkt in den Stromkreis zusammen mit einem GRISSONschen Unterbrecher und einer sehr großen Kapazität. Im ersten Falle erhält man unterbrochenen Gleichstrom, im zweiten Wechselströme von wenigstens annähernd sinuodalen Verlauf, im dritten entweder unterbrochenen Gleichstrom oder Wechselstrom, je nachdem man das Solenoid zwischen Stromquelle und Kommutator oder zwischen diesen und den Kondensator schaltet. Die Frequenzen, welche man mit der ersten und dritten Methode erhalten kann, können auf einige hundert in der Sekunde getrieben werden; bei der zweiten Methode gelangt man, je nach der Größe der eingeschalteten Kapazität und Selbstinduktion, bis zu sehr hohen Schwingungszahlen. Die Stromstärke wurde durch einen veränderlichen Vorschaltwiderstand passend abgestuft. In den Wirkungskreis wurde ein Hitzdrahtamperemeter eingeschaltet. Dieses gestattet zwar, da es sich um veränderliche Ströme handelt, keine sichere Messung der benutzten Stromstärken, gibt aber doch eine ungefähre Vorstellung von denselben. Die in meinen Versuchen benutzten, am Hitzdrahtamperemeter abgelesenen Stromstärken lagen zwischen 5 und 10 Ampere.

Die so erhaltenen Schwingungen erwiesen sich als wirksam für fast alle von mir bisher geprüften Stoffe. Es zeigte sich aber, wor-

auf ich schon hingewiesen habe, daß für jeden Stoff eine bestimmte Frequenz wirksam ist, daß also die für einen Stoff gefundene Frequenz bei andern Stoffen ganz unwirksam bleibt. Diese charakteristische Frequenz für alle Stoffe zu bestimmen, ist aus den angeführten Gründen äußerst schwierig und zeitraubend. Ob Zerlegung eingetreten ist, wird je nach der Natur der Stoffe entweder durch chemische Reaktionen oder durch die Änderung des Drehungsvermögens für polarisiertes Licht festgestellt.

Die für Stärke wirksame Frequenz liegt zwischen 440 und 480 Schwingungen in der Sekunde. Das gilt ebensowohl für unterbrochenen Gleichstrom wie für Wechselstrom. Eine ganz genaue Angabe über die Frequenz vermag ich nicht zu machen, da ich leider mit den mir zu Gebote stehenden Mitteln eine absolute Konstanz der Frequenz nicht erreichen konnte. Hat man eine passende Frequenz getroffen, so kann man den allmählichen Zerfall der Stärkemolekeln in kleinere Gruppen mit dem Auge verfolgen. Der anfangs dicke Stärkekleister wird dünnflüssiger; die großen Klumpen zerfallen zu einem feinkörnigen Schlamm, dessen Körnchen sich beim Stehenlassen senken und von einer fast klaren Flüssigkeit abscheiden. Letztere wird anfangs bei Zusatz von Jod noch rein blau, in spätern Stadien rosenrot, endlich bleibt sie ganz ungefärbt. Die gewöhnlichen Zuckerproben fallen anfangs vollkommen negativ aus, dann treten sie andeutungsweise auf, später werden sie ganz deutlich. Dabei fand ich sehr häufig, daß in einem gewissen Stadium bei Zusatz von verdünntem Kupfersulfat zu der alkalisch gemachten Probe kein Kupferoxydhydrat ausgefällt wurde, sondern mit tiefblauer Farbe gelöst blieb, aber bei Erhitzung nicht reduziert wurde. Auf dieses Stadium folgte ein andres, in welchem die Reduktion zwar eintrat, aber erst nach dem Kochen der Probe, ähnlich wie man das bei Anstellung der Trommerschen Probe mit Maltose sehen kann. Später erst trat starke Reduktion schon bei mäßiger Erwärmung ein, wie es für Glukose charakteristisch ist. Aus alledem geht hervor, daß die hydrolytische Spaltung der hochkomplizierten Stärkemolekeln in kleinere Gruppen ganz allmählich erfolgt und ganz in der gleichen Reihenfolge, wie es bei der Einwirkung diastatischer Enzyme der Fall ist.

Um die Wirkung an einem Beispiel zu erläutern, gebe ich einen Auszug aus einem meiner Versuchsprotokolle:

11. Januar 1906. Stärkekleister von 2.5 Prozent Stärke, welcher schon einmal der Wirkung unterbrochener Ströme ausgesetzt war. Eine Probe wird filtriert, was sehr langsam geht. Das Filtrat wird bei Jodzusatz tief blau; Trommersche Probe negativ — also kein Dextrin — kein Zucker vorhanden.

Inzwischen ist der Kleister von $10^{h}15'$ bis $12^{h}45'$, also $2\frac{1}{2}$ Stunden, der Einwirkung der Ströme ausgesetzt worden. Der gleichgerichtete Strom ist mit Hilfe eines

WEHNELT-Unterbrechers fortwährend unterbrochen worden. Unterbrechungsfrequenz geschätzt auf nahezu 480 in der Sekunde. Die an einem eingeschalteten Hitzdraht-amperemeter abgelesene Stromstärke schwankt zwischen 9 und 8.5 Ampere.

Der Kleister ist sehr dünnflüssig geworden. Er trennt sich beim Stehen in eine kleistrige Masse und eine darüberstehende klare Flüssigkeit. Letztere läuft schnell durch ein Faltenfilter, auf welchem der Kleister zurückbleibt.

Das Filtrat wird bei sehr geringem Jodzusatz (verdünnte LUGOLsche Lösung) schwach gelb, bei etwas mehr Zusatz rein weinrot, bei noch mehr bräunlich — deutet auf Erythrodextrin.

Der auf dem Filter befindliche noch dünnflüssige Kleister gibt mit Jod blau-violette Färbung — Mischung von Dextrin und noch unveränderter Stärke.

Eine Probe des Filtrats gibt mit der TROMMERschen Probe sehr deutliche Zucker-reaktion (Abscheidung von rotem Cu_2O) schon bei mäßigem Erwärmen.

FEHLINGsche Probe. (100 cm³ der FEHLINGschen Flüssigkeit entsprechen 0.5 Glukose). 10 cm³ werden entfärbt durch:

8.8 — 9.2 — 8.7 — 8.6 cm³ des Filtrats.

Mittelwert 8.8 Daraus berechnet sich der Zuckergehalt des Filtrats auf

0.568 Prozent Glukose.

Das klare Filtrat dreht im 10 cm langen Rohr die Polarisationsebene um 0° 56'. Neben Glukose müssen offenbar noch rechtsdrehende, aber nicht reduzierende Stoffe im Filtrat gelöst sein.

Ich habe mich bei den Versuchen mit Stärke länger aufgehalten, weil es mir an ihr am besten gelungen ist, den Verlauf der hydrolytischen Spaltung in ihren einzelnen Stadien zu verfolgen. Das liegt wohl zum Teil daran, daß ich die hierzu erforderliche Frequenz mit den mir zu Gebote stehenden Hilfsmitteln herstellen konnte, ohne die Stromstärke auf ein zu geringes Maß herabzudrücken.[1]

Niedrigere Frequenzen als für die Stärke habe ich bisher nur für Proteine wirksam gefunden, welche bei 320—360 Wechseln in der Sekunde in Albumosen und Peptone zerlegt werden konnten. Alle andern von mir untersuchten Körper (Glukoside, Disaccharosen) erforderten viel höhere Frequenzen; doch unterlasse ich es Zahlenwerte anzugeben, da ich diese erst durch erneute Versuche sicherstellen möchte.

Nichtsdestoweniger glaube ich als Ergebnis meiner bisherigen Versuche schon jetzt behaupten zu dürfen, daß die verschiedensten hochkompliziert gebauten Stoffe, welche durch Enzyme hydrolytisch spaltbar sind, in ganz analoger Weise zerlegt werden durch die Einwirkung elektromagnetischer Schwingungen von der Art, wie sie in meinen Versuchen benutzt wurden.

---

[1] Daß die Stromstärke für die zu erzielende Wirkung in Betracht kommen müsse, glaubte ich von vornherein annehmen zu dürfen, da auch die Drehung der Polarisationsebene, wie schon FARADAY beobachtet hat, mit der Stromstärke wächst.

Es liegt nahe, diese Übereinstimmung für eine Theorie der Enzymwirkung zu verwerten. Ich will jedoch auf derartige Spekulationen vorerst nicht eingehen, sondern begnüge mich mit einigen naheliegenden Betrachtungen. Wir sind wohl berechtigt, in Fällen, wo, wie bei der Wirkung von Licht, chemische Verbindungen in ihre Bestandteile, Atome oder Atomgruppen, zerlegt werden, dies als Folge der Übertragung der Energie des Äthers auf die materiellen Atome anzusehen. Die intramolekulare Bewegung der Atome oder Atomgruppen, welche wir neben den schwingenden Bewegungen der ganzen Molekeln voraussetzen, wird so weit verstärkt, daß schließlich der chemische Zusammenhang gelockert wird. Diese Energieübertragung kann nur stattfinden, wenn die Lichtstrahlen, wenigstens zum großen Teil, absorbiert werden. Die zerlegende Wirkung ist aber auch abhängig von der Schwingungszahl und, bei gewissen Körpern eigentümlicher chemischer Struktur, von der Form der Schwingungen. Solche Überlegungen hatten mich veranlaßt, den Einfluß gerade solcher elektromagnetischer Schwingungen zu untersuchen, wie sie der von mir gewählten Versuchsanordnung eigentümlich sind. Nachdem nun die von mir vermutete Wirkung durch die Versuche bestätigt worden ist, liegt es nahe, sie zur Aufklärung über jene vorausgesetzten intramolekularen Bewegungen der Atome oder Atomgruppen zu verwerten. Ich hoffe deshalb, daß die neuen Tatsachen den Anstoß zu weitern Untersuchungen geben werden, aus denen Aufschlüsse für die molekulare Physik zu erwarten sind.

Der Schlüssel des Artemistempels zu Lusoi.

Von H. Diels.

(Vorgetragen am 12. Dezember 1907 [s. Jahrg. 1907 S. 909].)

Hierzu Taf. I.

Es ist jetzt ziemlich allseitig anerkannt, daß das von Homer öfter erwähnte und beschriebene Verschlußsystem, nach dem die Öffnung der Doppeltür durch einen großen hakenförmigen Schlüssel, ihre Schließung durch einen Lederriemen erfolgte, sich auch dann, als vollkommenere Verschlußeinrichtungen im gewöhnlichen Leben Platz gegriffen hatten, lange Zeit im Tempeldienst erhalten hat[1]. Dieser Tempelschlüssel ist das ständige Attribut der Priesterinnen bis in die römische Kaiserzeit hinein, wie dies vom 6. Jahrhundert an zahlreiche Terrakotten, Grabreliefs, Münzen und Vasen bekunden. Es war daher etwas auffällig, daß bisher ein solcher Schlüssel sich niemals in den Ausgrabungen der antiken Heiligtümer gefunden hat, wobei freilich erwogen werden muß, daß diese Schlüssel nicht im Heiligtum selbst, sondern in der Wohnung des Priesters oder der Priesterin aufbewahrt wurden.

Nun hat sich endlich ein solcher Tempelschlüssel, und zwar aus einem der berühmtesten Tempel Griechenlands, gefunden, nämlich aus dem Heiligtum der Artemis Hemera in Lusoi in Arkadien. Ich verdanke den Hinweis auf seine Existenz Hrn. Thomas D. Seymour, Professor der Yale University, durch dessen gütige Vermittelung mir der Direktor des Bostoner Museum of Fine Arts, Hr. Arthur Fairbanks, nicht nur bereitwilligst über das seiner Obhut anvertraute Objekt Auskunft gab, sondern auch die Veröffentlichung der mir gleichzeitig übersandten Photographien gestattete. Die Akademie ist den beiden

[1] Siehe meinen Exkurs *Über griechische Thüren und Schlösser* in *Parmenides gr. u. d.* Berlin 1897 S. 123ff.; Brinkmann, *Sitz.-Ber. d. Altertumsges. Prussia* 21 (1900), 298ff.; Th. D. Seymour, *Life in the Homeric Age* (N. York 1907) 194. Etwas abweichend Dawkins, *Annual of Br. School at Ath.* IX (195). Vgl. auch Pernice, *Jahrb.* XIX (1904) 20f.

Herren für diese liebenswürdige Zuvorkommenheit zu besonderem Dank verpflichtet.

Der Bronzeschlüssel, der eine Länge von 40.5 cm hat, stammt aus den zahlreichen Funden des Heiligtums in Lusoi, die vor und während der österreichischen Ausgrabung 1898/99[1] durch Privatgrabungen der Einwohner gewonnen wurden. Die Hauptmuseen Europas haben damals wertvolle Stücke erwerben können. Jener Schlüssel hat seinen Weg über den Ozean gefunden. Er wurde im Jahre 1901 für das Bostoner Museum gekauft. Wie die Abbildung (Taf. 1) zeigt, ist das kurze Griffende mit einer hölzernen oder elfenbeinernen Hülse versehen gewesen, wie es der Homerischen Schilderung entspricht (φ 6):

εἵλετο δὲ κληῗδ' εὐκαμπέα χειρὶ παχείηι
καλὴν χαλκείην· κώπη δ' ἐλέφαντος ἐπῆεν.

Die Zugehörigkeit zu dem Artemistempel in Lusoi ist nicht durch den Händler, sondern lediglich durch die Inschrift festgestellt, die auf dem längeren Unterteile des Schlüssels in schöner linksläufiger Schrift, etwa des 5. Jahrhunderts, angebracht ist. Sie lautet:

3ΙΟ≶VΟΛVΛ Ǝ≷ΑΤ⁝≷ΟΤΙΜΑΤϘΑ≷ΑΤ

Die Querbalken, die man auf der Photographie unter dem Ρ und dem ersten Ι erblickt, scheinen nicht von dem Graveur herzurühren, sondern hellere Stellen der Bronze wiederzugeben. Denn der von Hrn. Fairbanks mitgesandte, vortrefflich gelungene Stanniolabdruck der Inschrift gibt keine Spur jener Querstriche. Das Λ zeigt die rechte Hasta nach oben gespalten. Offenbar ist der Stichel nach rechts ausgeglitten. Es ist dann der richtige Strich daneben gesetzt und der kurze zweite Balken des Λ daran gefügt worden. Die Variationen des Σ, das bald vierstrichig, bald dreistrichig, bald mit abgerundeten Ecken (am Schluß) erscheint, deuten auf das Schwanken des Graveurs hin, der den heiligen Gegenstand offenbar nach altem Muster formend (daher auch die linksläufige Richtung) doch modernere Formen nicht vermeiden wollte.

Nach dem Urteile der Epigraphiker unserer Akademie ist weder in der Form noch in dem Inhalt der Inschrift ein Anlaß, Zweifel an der Echtheit zu äußern, obgleich ja bei Objekten dieser Art, die nicht bei den offiziellen Ausgrabungen zutage gekommen sind, Vorsicht geboten erscheint. Eine volle Sicherheit hat freilich nur der Sachverständige, der den Gegenstand selbst in Augenschein zu nehmen Ge-

---

[1] Vgl. den ausgezeichneten Fundbericht von W. Reichel und A. Wilhelm, *Das Heiligtum der Artemis zu Lusoi* in d. öst. *Jahresheft* IV (1901) 1 ff. Vorher Furtwängler, *Münchn. Sitz.-Ber.* (*philos., phil.-hist.*) 1899 II S. 566 ff.

legenheit hat. Jedenfalls ist die Interpunktion, durch die sich bisweilen Fälscher verraten, richtig gesetzt. Nach griechischer Auffassung kann der Wortkomplex

τᾶϲ Ἀρτάμιτοϲ τᾶϲ ἐν Λούϲοιϲ

nur so, wie es geschehen ist, interpungiert werden. Die Form Ἀρτάμιτοϲ entspricht den Lusiatischen Inschriften 14. 15 der WILHELMschen Sammlung (a. a. O. S. 83).

Vielleicht möchte es auffallend erscheinen, daß die Artemis ausdrücklich als die von Lusoi bezeichnet wird. Man erwartet einfach τᾶϲ Ἀρτάμιτοϲ (wie Lus. Inschr. 14) oder τᾶϲ Ἀρτάμιτοϲ τᾶϲ Ἡμέραϲ (wie Nr. 15) oder ohne Artikel (wie Nr. 16). Was nun zunächst den Artikel betrifft, der in solchen Fällen ein vertrauteres Verhältnis zur Göttin auszudrücken scheint (deutsch etwa *unserer Artemis*), so ist in der älteren Zeit der Artikel bei Weihungen ebenso oft gesetzt wie weggelassen, ja, es kommt beides bei denselben Objekten vor, wie z. B. auf den korinthischen Täfelchen (RÖHL, I. A. 20, 17. 18) bald τῶι Ποτειδᾶνι, bald Ποτειδᾶνι steht. Wenn nun aber die heilende Göttin, der das auf hoher Alp gelegene Heiligtum geweiht war, ausdrücklich noch als die von Lusoi bezeichnet wird, so liegt darin ein gewisser Stolz der Priester auf ihre sagenberühmte Gottheit, die schon in der Melampodie durch die reinigende Kraft des Lusosquells die wahnsinnbehafteten Proitiden geheilt hatte. So weiht eine dort ansässige Frau, deren Namen nicht sicher gelesen werden kann, in ungefähr derselben Zeit (Nr. 16 WILHELM-KIRCHHOFF, *Berl. Sitz.-Ber.* 1887, 992) ein Bronzegefäß τᾶι Ἀρτέμι τᾶι Λουϲιᾶτι[1].

Bei dem Schlüssel darf man nicht außer acht lassen, daß er nicht wie die Anatheme an Ort und Stelle aufbewahrt (wodurch für jene eine genauere Bezeichnung der Gottheit wegfallen konnte), sondern mit nach Hause genommen wurde. Es läßt sich leicht denken, daß in der Stadt Lusoi, wo die Priesterin gewohnt haben dürfte, noch andere Artemisheiligtümer vorhanden waren; es mußte ferner daran gedacht werden, daß der Schlüssel, an dem sich ja von alters her die magische Vorstellung von der »Schlüsselgewalt« knüpft[2], nach außen entführt werden konnte. So ist also für alle Fälle die genauere Bezeichnung des Eigentümers wohl begreiflich.

Was die Gestalt des Schlüssels betrifft, so zeigt er nicht die in der Biegung zweimal rechtwinklig absetzende Form, die auf den

---

[1] Nicht ganz kongruent sind die Weihungen in Olympia Ζὶ τὠλυμπίω, RÖHL, I. A. 111, die Rhetra 110 τῶι Δὶ Ὀλυμπίοι oder das Beil des Qyniskos ebenda 543 (Calabr.) τᾶϲ Ἥραϲ τᾶϲ ἐν πεδίωι.

[2] W. KÖHLER, *Die Schlüssel des Petrus, Arch. f. Religionsw.* VIII 214 ff.

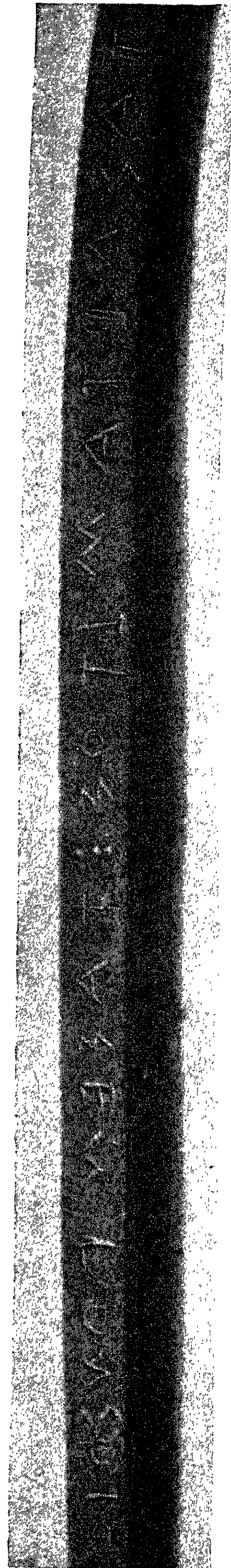
Grabsteinen Attikas und auf einem Teil der Vasenbilder[1] erscheint, sondern eine leise geschwungene Form, die uns namentlich aus den Vasen geläufig ist[2]. Diese Verschiedenheit ist zwar wohl hauptsächlich durch ästhetische Motive bestimmt, ist aber für die Rekonstruktion des dazu gehörigen Schlosses nicht ganz unwichtig. Denn wenn man daran gedacht hat, den Schlüssel bei der Krümmung so in dem Schlüsselloch zu bewegen[3], daß diese Krümmung gleichsam der Mittelpunkt einer kreisförmig wirkenden Hebelbewegung darstelle, durch die das lange Ende einen Riegel oder einen Fallklotz nach oben stoße, so bildet die gewundene Form unseres und des ähnlich gebildeten Schlüssels der Vasen eine Instanz gegen ein solches System. Denn diese geschwungene Form des Mittelteils ist meiner Rekonstruktion des Systems, wonach der Riegel durch einen seitlichen Stoß von oben nach unten zurückgestoßen wird, ebenso günstig, wie sie die angenommene Drehung im Schlüsselloche erschweren oder unsicher machen würde.

[1] Siehe *Parmenides* S. 124f. Fig. 5—8, 14—17.
[2] Ebenda Fig. 9. 10. 12. 13.
[3] Siehe die Berliner Hydria *Parm.* Fig. 22 (S. 133).

Ausgegeben am 16. Januar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.





Diels: Der Schlüssel des Artemistempels zu Lusoi.

1908.
II.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

16. Januar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Rubner las: Das Wachsthumsproblem und die Lebensdauer des Menschen und einiger Säugethiere vom energetischen Standpunkt betrachtet.

Es wird nachgewiesen, dass in der intra- und extrauterinen Zeit für die Bildung von 1kg Lebendgewicht der Organismen bei Thieren ganz übereinstimmende Summen von Energie aufgewendet werden. Ganz ähnlich verhält es sich auch, wenn man die von 1kg ausgewachsenem Thier während des Lebens umgesetzten Energiemengen untersucht. Nur der Mensch nimmt gegenüber allen untersuchten Thieren eine Ausnahmestellung ein. Die vorgetragenen Beobachtungen geben die Möglichkeit, gewisse theoretische Fragen hinsichtlich der maximalen Lebensdauer zu erörtern.

2. Hr. Branca legte eine Arbeit von Hrn. Prof. Dr. H. Potonié vor »Über recente allochthone Humusbildungen.«

Bei der Aufsuchung der, gegenüber den autochthonen so sehr seltenen allochthonen Humusbildungen hat sich ergeben, dass auch der, bezüglich seiner Genesis noch unklar gebliebene »Alpenmoder« hierher gehört; denn er hat sich als ein aus Alpentrockentorf ausgeschlemmtes und thalabwärts geführtes Humusgestein, d. h. als Schlämmmoder, ergeben. Der besonders von den Ufern des Bodensees her bekannte, sogenannte Schwemmtorf ist kein Torf, sondern ebenfalls als Moder, d. h. als Schwemmmoder, anzusprechen.

3. Hr. Branca übergab ferner seine nunmehr ausgearbeitete Abhandlung: Fossile Flugthiere und der Erwerb des Flugvermögens, über deren Inhalt eine vorläufige Mittheilung in der Sitzung der Classe am 7. Juli 1904 gemacht wurde. (Abh.)

Das Wachsthumsproblem und die Lebensdauer des Menschen und einiger Säugethiere vom energetischen Standpunkte aus betrachtet.

Von Max Rubner.

Das Wachsthum in Thier- und Pflanzenwelt ist eine der fundamentalsten und markantesten Erscheinungen der belebten Natur. Den allbekannten sichtbaren Vorgängen der Massenzunahme entsprechen eigenartige mikroskopisch nachweisbare Veränderungen im Zellinnern, mit denen uns vor Allem die Entwicklungslehre bekannt gemacht hat. Sie hat durch die morphologische und experimentelle Bearbeitung der Befruchtungsvorgänge überraschende Fortschritte erzielt und die Vererbungslehre in neue Bahnen gelenkt.

Im Gegensatz zu diesem kraftvollen Aufschwung histologischer Forschung, insbesondere auf dem Gebiete des intrauterinen Lebens, hat man den Erscheinungen des extrauterinen Wachsthums, vor Allem, was die allgemeinen Äusserungen desselben und die ernährungsphysiologischen Processe anlangt, wenig Interesse entgegengebracht. Weder die Art der Massenzunahme noch die Dauer derselben, noch die Vorbedingungen des Wachsthums oder die Gründe desselben sind genauer untersucht worden.

Eine nähere Betrachtung der Physiologie der Wachsthumsverhältnisse scheint mir nicht nur im allgemeinen Interesse der Wissenschaft zu liegen, sondern auch mit Rücksicht auf die specielle Förderung der Säuglingsernährung dringend geboten. Eine vergleichende physiologische Betrachtung kann zweifellos zur besseren Stütze unserer gegenwärtigen Anschauungen beitragen.

Von früheren Bemühungen, die Frage des Wachsthums vergleichend zu behandeln, ist nicht viel zu berichten; das Wichtigste ist wohl der Versuch Buffon's, das Wachsthum, d. h. die Jugendperiode aller Thiere in eine nähere Verbindung zu deren maximalem Alter zu bringen. Gerade in der damaligen Zeit eines lebhaften Aufschwungs naturwissenschaftlichen Denkens, in den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts konnte die offenkundige Thatsache der un-

gleichen Lebenslänge grosser und kleiner Thiere sich der speculativen Betrachtung nicht entziehen, und es war in der Erwartung der Auffindung von Naturgesetzen am Ende nicht verwunderlich, wenn man sich den Lebensgang jedes Thieres nach einem bestimmten Schema, in welchem der Wachsthumszeit, der Periode kräftigster Entwicklung, dem Alter, gewisse Theile der ganzen Lebenszeit zugewiesen waren, geordnet dachte. So glaubte BUFFON, die maximale Lebensdauer währe sechs mal so lang wie die Jugendzeit.

Fast ein Jahrhundert später, 1856, hat dann FLOURENS diesen Gedanken wieder aufgegriffen und durch einige Untersuchungen über die Dauer des Lebensalters und der Jugendzeit, letztere gemessen nach bestimmten anatomischen Charakteren der Thiere, zu belegen gesucht. Sein Material, ausschliesslich Beobachtungen an Säugern, ist aber sehr spärlich und nicht gerade sehr beweisend gewesen; ja, das BUFFON-FLOURENS'sche Gesetz hat bei den Zoologen der späteren Zeit keinen Beifall gefunden, weil man es durch Verallgemeinerung leicht ad absurdum führen konnte. WEISMANN (Über die Dauer des Lebens, Jena 1882) begründet die Ablehnung dieser Anschauungen mit dem Hinweise, dass es Gruppen von gleich langlebigen Thieren gebe, bei denen unmöglich solch constante Zahlenbeziehungen zwischen Dauer der Jugendzeit und gesammter Lebensdauer bestehen könnten. In der Gruppe der Thiere, welche 200 Jahre erreichen sollen, finden wir den Elephanten, Hecht und Karpfen, in der Gruppe der 40jährigen das Pferd, Kröte und Katze, in der Gruppe der 20jährigen Schwein und Krebs.

Will man also nach FLOURENS annehmen, die Jugendzeit währe ein Fünftel der ganzen Lebensdauer, so müsste diese bei den 200 jährigen 40 Jahre dauern, es widerspricht aber jeder Erfahrung, dass Hecht und Karpfen erst nach 40 Jahren ausgewachsen sein sollen, ja soviel Zeit braucht nicht einmal der zu dieser Gruppe gehörige Elephant.

Die Jugendperiode kann demnach, wie man jetzt annimmt, in keinem gleichbleibenden Verhältniss zur Lebenslänge in der Thierwelt stehen, den inneren Grund der verschiedenen maximalen Lebenszeit sucht man vielmehr in den Eigenheiten der Fortpflanzungsweise, die zum Zwecke der sicheren Erhaltung der Species verschiedene Lebenszeiten nothwendig macht. Ist durch die Production der Fortpflanzungsstoffe ausreichend für die Species gesorgt, so erlischt die Nothwendigkeit der Individualexistenz, der Organismus altert und stirbt. Der BUFFON-FLOURENS'sche Gedanke ist somit entbehrlich geworden.

Schalten wir aber zunächst die Fragen der Lebensdauer von der Betrachtung ganz aus und wenden wir uns dem Problem der Wachsthumsperiode allein zu, so scheinen in dieser Hinsicht, wie

man glaubt, sehr einfache Verhältnisse bei den Thieren gegeben. Da die verschiedenen Organismen durch die Natur mit verschiedener Körpergrösse gebildet werden, so sieht man in der Wachsthumsdauer einen zwar numerisch noch nicht überall exact bestimmten, aber doch sehr einfachen Vorgang, man setzt voraus, dass die Bildung grosser Thiermassen eben mehr Zeit erfordert als jene der kleinen Organismen. Wie gesagt, näher begründet und analysirt ist diese Anschauung bisher nicht. Man könnte aber wenigstens für die Säugethiere ihre Wahrscheinlichkeit mit dem Hinweis auf die gleichheitlichen quantitativen Aufgaben des Wachsthums stützen, da das Gewichtsverhältniss vom Mutterthier und Neugeborenen sich durchschnittlich wie 100:8 verhält, also die Leistungen der Wachsthumsperiode in analoger Vermehrung des Anfangsgewichtes um ein gleiches Multiplum bestehen. Für die ungleiche Dauer der Wachthumszeit in Abhängigkeit von der Masse des Thieres liesse sich als Beispiel anführen, dass die Fliegenmade schon in 1 Tage, die Maus in 21 Tagen, der Elephant in 8766 Tagen (= 24 Jahren) ihre maximalen Körpergewichte erreichen.

Die Annahme der Massenbildung als entscheidendem Factor der Jugendzeit ist von bestrickender Einfachheit, und wenn man so extreme Beispiele wählt, ein besonders schlagendes Argument. Schliesslich aber möchte man, dem causalen Denken folgend, gerade wissen, warum das eine Wesen eben in dem Wachsen fortfährt, wo das andere sein Wachsthum mit Bruchtheilen eines Grammes Leibessubstanz abschliesst.

Es ist auch ausserdem gar nicht erwiesen, dass Made, Maus und Elephant nach ganz den gleichen Lebensgesetzen wachsen und in einheitlicher Stoffwechselthätigkeit dem Endziel sich nahen. Die Resultate könnten das Ergebniss sehr verschiedener Processe von Wachsthumsvorgängen sein. Man darf nicht nur das Endergebniss ungeheuer verschiedener Endgewichte betrachten, sondern man muss die relativen Leistungen ins Auge fassen durch die Bestimmung der Zeit, in welcher gleichartige Gewichtsveränderungen erzielt werden. Eine solche Feststellung des relativen Wachsthums einzelner Species könnte zu wichtigen physiologischen Ergebnissen führen, weil möglicherweise in der Ähnlichkeit gleicher Wachsthumsgesetze auch verwandtschaftliche Beziehungen einzelner Species zum Ausdruck kommen könnten. Das Wachsthum ist eine Grundeigenschaft der Zelle und in seiner Zeitfolge ursächlich mit der Geschwindigkeit der Zelltheilung verbunden.

Leider besitzen wir nur ein sehr spärliches Material über die Dauer der gesammten Jugendzeit bei Säugethieren, ja so wenig sicheres, dass sich hierauf eine einigermaassen befriedigende vergleichende Berechnung nicht gründen lässt.

Dagegen sind vor Allem von BUNGE und seinen Schülern einige Angaben über die Zeiten, welche zur ersten Verdoppelung des Gewichts von neugeborenen Thieren nothwendig sind, gemacht worden. Wenn wir damit auch nur einen Theil der ganzen Jugendzeit hinsichtlich der Wachsthumsleistung kennen lernen, so erfahren wir gerade durch sie über die Periode des raschesten Wachsthums einiger Species etwas Näheres. Das Ergebniss dieser Beobachtungen ist ein eindeutiges und zwingendes; die Zeiten der Verdoppelung sind nicht constante Werthe, sondern ausserordentlich verschieden, sie betragen:

beim Kaninchen	6	Tage	beim Menschen	180	Tage
bei der Katze	9	»	» Schaf	15	»
beim Hund	9	»	» Rind	47	»
» Schwein	14	»	» Pferd	60	»

Die Wachsthumsintensität ist in hohem Maasse ungleich. Diese Ungleichheit der relativen Intensität kann sich unmöglich nur auf die Periode unmittelbar nach der Geburt beschränken, vielmehr ist mit Bestimmtheit anzunehmen, dass für die weiteren Verdoppelungszeiten zwar nicht dieselben, aber specifisch und gleichmässig steigende Zeitwerthe sich ergeben müssen. Die obigen Verdoppelungszeiten sind Constanten der betreffenden Species, sie schwanken zwischen Kaninchen und Mensch um das 30fache. Wenn man weiter erwägt, dass manche Bacterien eine Verdoppelung ihrer Masse in 20 bis 30 Minuten erreichen, so beweist dies, dass, wenn wir uns bisher mit der Vorstellung haben genügen lassen, es bestimmte die absolute Grösse der Lebewesen die Wachsthumszeit, wir an einer sehr wichtigen und fundamentalen Eigenschaft der Lebewesen, der specifischen Wachsthumsintensität, achtlos vorübergegangen sind.

Bei den einzelligen Wesen hatte man sogar schon lange der ungleichen Geschwindigkeit, mit der die Zelltheilung erfolgt, Beachtung geschenkt. Dies Problem der specifischen Wachsthumsintensität näher in seinem Wesen aufzuklären, dürfte daher wohl eine nicht unwichtige Aufgabe sein; ich will zunächst in dieser Abhandlung nur einige Säugethiere, für welche ich nähere Zahlenangaben besitze, und den Menschen einer genaueren Analyse unterziehen.

Die ungleiche Geschwindigkeit, mit der die verschiedenen Organismen ihre Jugend durchlaufen, muss uns zunächst vom teleologischen Standpunkte aus in hohem Maasse befremden, denn es scheint sich in dieser Erscheinung offenbar ein ungleicher Aufwand an Nährmaterial für ein und denselben Endzweck auszudrücken. Das eine Wesen muss lange leben, um seine Gewichtsverdoppelung zu gewinnen, ein anderes hat in Kürze dieselbe Entwickelungsstufe erreicht;

wenn ein Organismus wie der Mensch aber 30 mal so lange braucht, wie ein Kaninchen, um seine Masse zu verdoppeln, so muss er eben 30 mal so lange Nahrung verzehren, um relativ so viel Leibessubstanz zu erwerben wie das Kaninchen.

Welche Wege die Natur thatsächlich in den quantitativen Verhältnissen einschlägt, kann man a priori nicht sagen; ich habe daher versucht für diese Vorgänge einen genaueren zahlenmässigen Belag zu finden.

Ich stelle fest, wie gross die Lebensleistungen jedes der oben in der Tabelle aufgeführten Organismen ist, wenn je 1 kg durch Wachsthum in den näher verzeichneten Zeiten auf das Gewicht von 2 kg ansteigt. Die Berechnung kann folgenden Weg einschlagen:

Die Lebensvorgänge bei der Ernährung lassen sich bekanntlich messen, indem man die beim Ernährungsvorgange verbrauchte Energiemenge als Ausgangspunkt nimmt; ebenso lässt sich der Wachsthumsgewinn einheitlich statt in Gewichten, in der Verbrennungswärme ausdrücken, welche es repräsentirt. Auf Grund von verschiedenen Thieranalysen bin ich zu der Annahme gekommen, dass 1 kg Anwuchs mit rund 1722 kgcal. zu bewerthen ist. Hierzu haben wir noch den Energieaufwand, den das Thier durch seinen Stoffwechsel während der Verdoppelungszeit von 1 zu 2 kg zu leisten hat, zu rechnen.

Die Summe beider — Wachsthumsgrösse und Ernährungsumsatz — giebt uns einen Ausdruck für den Gesammtenergieaufwand für die Verdoppelung, woraus man dann die specifischen Eigenthümlichkeiten ersehen könnte.

Für eine Reihe der in Betracht kommenden Säuger und den Menschen verfüge ich über eigene Messungen des Kraftwechsels, für einige der fehlenden Werthe konnte ich aus der Litteratur die nöthigen Grundlagen schaffen. Wenn es auch nicht immer Neugeborene waren, die der Stoffwechseluntersuchung unterzogen sind, so wissen wir auf Grund des von mir erwiesenen Oberflächengesetzes, dass bei den Säugern ihr Stoffwechsel nicht der Masse, aber genau der Oberfläche proportional verläuft. Man kann daher die gewünschten Grössen des Energieverbrauchs für jede beliebige Kleinheit der Thiere, also auch für die Neugeborenen, durch Rechnung finden. Wenn die Thiere wachsen, so müssen sie natürlich auch um eine bestimmte Masse mehr an Nahrung aufnehmen, als wenn sie ausgewachsen sind. Dieses Mehr an Nahrung wird zunächst erfordert, um die Gewichtsvermehrung zu bestreiten. Da aber im Allgemeinen nicht jeder Überschuss über den dringenden Bedarf zum Wachsthum zurückgehalten werden kann, sondern durch die Ernährung selbst die Wärmebildung etwas steigt, so muss dieser Umstand auch noch Berücksichtigung finden. Diese

letztere Steigerung der Wärmeproduction habe ich als specifisch dynamische Wirkung der Nahrung bezeichnet, sie hängt von der Zusammensetzung der Kost ab, von dem Mischungsverhältniss der Eiweissstoffe, Fette und Kohlehydrate. Für die säugenden Thiere sind diese Verhältnisse dadurch wohl bekannt, dass man ja die Milchen, mit denen sie sich ernähren, kennt. Somit lässt sich auch berechnen, welche die Wärme steigernde Wirkung ihre Nahrung besitzt.

Nenne ich die Gesammtnahrungsmenge des Thieres in der Verdoppelungsperiode als Unbekannte x (in Calorien ausgedrückt), das gewonnene Körpergewichtswachsthum (in Cal.) a, die Erhaltungsdiät, die durch Versuche bekannt ist, e (in Cal.) und k eine Constante für die Wärmesteigerung durch die genossene Kost (specifisch dyamische Wirkung), so lässt sich x ableiten, denn $x = e + k \cdot x + a$, wovon e, k und a bekannt sind.

Führt man auf Grund dieser Betrachtung die Berechnung durch und bestimmt den Energieverbrauch in Kilogrammcalorien, um unter sich vergleichbare Zahlen zu erhalten für 1 kg Lebendgewicht bis zur Verdoppelung auf 2 kg, so gewinnen wir den gesuchten specifischen Energieaufwand beim Wachsthum verschiedener Species. Das Resultat für den Energieaufwand bei der Verdoppelung war folgendes, ausgedrückt in Kilogrammcalorien (Reincal.)[1]:

Pferd	4512	Schwein	3754
Rind	4243	Hund	4304
Schaf	3926	Katze	4554
Mensch	28864	Kaninchen	5066

Das Ergebniss ist ein wohl ganz unerwartetes:

Die zur Verdoppelung des Lebendgewichtes eines Thieres aufgewendete Kräftesumme ist mit Ausnahme des Menschen dieselbe, gleichgültig, ob die Thiere rasch oder langsam wachsen.

Man könnte dies Wachsthumsgesetz das Gesetz des constanten Energieaufwandes heissen. Zur Bildung von 1 kg Thiergewicht werden rund 4808 kgcal anNahrungsmaterial aufgewendet, bei der Entwickelung des Menschen gerade sechsmal soviel. Bei dem langsam wachsenden Pferd findet keinerlei »Verschwendung« von Energie statt, sondern der gleiche Verbrauch wie bei dem schnell wachsenden Kaninchen oder der Katze, obschon diese Thiere zur Zeit ihrer Geburt um das Tausendfache im Körpergewicht verschieden sind. Der auf natürlichem Wege bei der Muttermilchernährung vollzogene Anwuchs kostet bei allen Thieren

---

[1] D.h. die Gesammtenergie der Nahrung abzüglich des Energieinhalts von Harn und Koth.

relativ genau das Gleiche. Die Natur arbeitet bei den verschiedenen Species nach dem gleichen ökonomischen Princip, und nur für den Menschen ist es durchbrochen. Wie sich die dem Menschen nahestehenden Anthropoiden verhalten, ist leider nicht sicher zu sagen, nach der Meinung eines Sachkundigen würde das Wachsthum dieser ein ziemlich rasches sein. Es wäre daher wichtig, diese Frage durch besondere Untersuchungen, am besten im Heimathlande der Anthropoiden, aufzuklären.

An diese wichtige Thatsache knüpft sich gleich die weitere, in welcher Art denn die Natur dieses energetische Grundgesetz zur Durchführung bringt, ob sich die einzelnen Organismen etwa dadurch unterscheiden, dass die einen verhältnissmässig mehr oder andere weniger von der Nahrung für das Wachsthum erübrigen.

Prüft man, wieviel von dem gesammten aufgenommenen Energieinhalt der Nahrung bei den verschiedenen Species als Wachsthum erworben wird — ich nenne dies den Wachsthumquotienten —, so findet man Folgendes:

Von 100 kgcal. der Zufuhr sind im Anwuchs:

beim Pferd	33.3	Procent	beim Schwein	40.0	Procent
» Rind	33.1	»	» Hund	34.9	»
» Schaf	38.2	»	bei der Katze	33.0	»
» Menschen	5.2	»	beim Kaninchen	27.7	»

Der Mensch nimmt wieder eine Sonderstellung ein, er erübrigt nur 5.2 Procent der Zufuhr während der ersten Verdoppelungsperiode, die Säugethiere dagegen im Mittel 34.3 Procent, also über das Sechs-, fast das Siebenfache. Die Säugethiere verhalten sich, was diese Verwerthung des Nährmaterials für das Wachsthum anlangt, ganz ähnlich den bestwachsenden Bacterien z. B. wie *bacillus pyocyaneus* und *bact. coli*, bei denen ich bei ersterem 27.7, bei letzteren 30.8 Procent der Energie der Nahrung als Wachsthum erübrigen sah.

Die Lebewesen wachsen nur bei einem zureichenden Überschusse der Nahrung über die Erhaltungsdiät. Auch über diese Grösse ertheilt uns das energetische Wachsthumsgesetz genaue Auskunft. Wenn man die Energiemenge des Erhaltungsfutters = 100 setzt, so findet sich für die Gesammtnahrungsaufnahme bei den beobachteten Säugern:

beim Pferd	189	beim Schwein	212
» Rind	211	» Hund	202
» Schaf	211	bei der Katze	197
» Menschen	120	beim Kaninchen	194

Mittel der Thiere 202.

Die Thiere bewältigen behufs des Wachsthums doppelt soviel Nahrung, als sie im einfachen Erhaltungsfutter zu sich nehmen müssen, der Mensch dagegen nimmt in dieser Lebensperiode stärksten Wachsthums nur um ein Fünftel mehr an Stoffen auf, als er sonst im ausgewachsenen Zustand bedürfte. Die geringe Nahrungsaufnahme des Säuglings liegt nicht in der kleinen Leistungsfähigkeit seiner Verdauungsorgane; wie man aus dem späteren Leben ersehen kann, sind die letzteren sogar recht leistungsfähig.

Leukart und Herbert Spencer haben behauptet, dass die ernährenden Flächen des Magendarmkanals der Thiere mit steigender Körpergrösse nur im Quadrat wachsen, während das Gewicht im Cubus zunähme, woraus folge, dass, je grösser ein Thier sei, desto schwieriger die Gewinnung eines Nahrungsüberschusses sich gestalte, und dass die grossen Thiere sich deshalb langsamer fortpflanzten. Diese Anschauungen werden durch meine Versuche widerlegt. Die jungen Thiere jeder beliebigen Grösse von der Maus bis zum Fohlen sind in der Lage, in gleicher Weise ihre Wachsthumsdiät zu bestreiten. Leukart und Spencer haben nur die anatomischen Verhältnisse beachtet, dagegen ausser Acht gelassen, dass die physiologischen Leistungen bei gleichem anatomischen Substrat ganz andere sein können.

Bei dieser ausserordentlichen Gleichheit der ernährungsphysiologischen Leistung der Säugethiere und der exceptionellen Stellung des Menschen ist es von grösster Bedeutung, die Nahrung der Organismen näher zu betrachten. Die einzige Zufuhr besteht in dieser hier in Frage kommenden Zeit in Muttermilch; die Milchen der hier besprochenen Organismen sind in ihrer Beschaffenheit genau bekannt. Berechnet man sich die Vertheilung der Energie der ganzen Milchen auf die einzelnen Componenten, wie Eiweiss, Fett, Milchzucker, so findet man, dass hinsichtlich der Eiweissstoffe, die ja in erster Linie bei der Wachsthumszunahme von Bedeutung sind, nur die Zusammensetzung der menschlichen Milch, durch ihre ausserordentliche Eiweissarmuth eine besondere Stellung einnimmt, also ganz und gar im Einklang mit dem sonstigen eigenthümlichen Verhalten des menschlichen Säuglings im Wachsthumsgesetz, während die übrigen Organismen sehr gleichmässige Eiweissvorräthe besitzen; nur beim Kaninchen, das sehr rasch wächst, finden wir etwas mehr Eiweiss als im Durchschnitt bei den übrigen Thieren.

Die Milchen spiegeln in ihrer procentigen Zusammensetzung die Aufgaben wieder, die ihnen die Natur im Wachsthum zuweist. Fett- und Zuckergehalt der Milch haben nur die Function den Eiweissumsatz in Thieren, wie auch beim Säugling, auf das tiefste Niveau

herabzudrücken, um dadurch die maximalste Menge von Eiweiss für das Wachsthum zu erübrigen.

Das energetische Grundgesetz des Wachsthums giebt die Erklärung für eine bisher schwer deutbare Beziehung zwischen den Salzen der Milch und der Zusammensetzung der Asche der davon ernährten Organismen. Bunge (Lehrbuch der physiol. und patholog. Chemie 1894, S. 97) hat darauf hingewiesen, dass das Verhältniss der verschiedenen anorganischen Stoffe zu einander in der Milch fast genau der Aschezusammensetzung des Thierleibes entspreche. Die Milchdrüse sammelt alle anorganischen Bestandtheile genau in dem Gewichtsverhältnisse, in welchem der Säugling ihrer bedarf, um zu wachsen und dem elterlichen Organismus gleich zu werden. Später zeigte Bunge, dass der Aschegehalt der Milch bei solchen Thieren, die rasch wachsen, grösser sei als bei langsam wachsenden. Sehen wir vom letzten Punkte ab, so hat sich das obige Gesetz Bunge's insofern nicht vollkommen bestätigen lassen, als zwischen Salzgehalt des Neugeborenen beim Menschen und der Muttermilch keine Übereinstimmung besteht. Man nimmt jetzt mit vollem Rechte an, dass bei dem so sehr langsamen Wachsthum des Menschen viel Salze durch die Ausscheidungen zu Verlust gingen. Aber diese Erklärung befriedigt nicht, denn dann müssten sich auch bei den anderen Säugern, die doch recht verschiedene Wachsthumsgeschwindigkeiten haben, auch Differenzen, und zwar sehr erhebliche, ergeben.

Dagegen erläutert das energetische Grundgesetz diese Verhältnisse aufs beste. Da die Säuger, den Menschen ausgenommen, für die gleiche Menge Anwuchs die gleiche Menge Calorien nöthig haben, nehmen sie auch annähernd die gleichen Milch- und Salzmengen auf, und aus diesem Vorrath wählt die neuwachsende Masse so viel aus, als sie Salze braucht; der Rest geht durch den Harn und Koth im Stoffwechsel nach aussen, und diese Verluste werden sich alle gleichmässig gestalten müssen. Nur der Mensch zeigt durch die enorme Nahrungsquantität, die er wegen der abnormen Dauer der Wachsthumszeit zur Erhaltungsdiät nothwendig hat, die bekannte, auch in anderen Beziehungen schon berührte Ausnahme.

Sehen wir so das extrauterine Wachsthum unter der Herrschaft des energetischen Wachsthumgesetzes, so ist es ein naheliegender Gedanke, auch das intrauterine Leben im Mutterleibe auf ähnliche Beziehungen hin zu untersuchen. Denn es wäre der Vernunft widersprechend, geradewegs mit dem Acte der Geburt den einheitlichen Entwickelungsgang entzwei zu schneiden. Der Beweis des energetischen Gesetzes in der Fötalperiode ist sehr schwierig. Vor Allem ist die Grösse des Stoffwechsels im Mutterleibe noch

umstritten, doch kann man meines Erachtens es als gesichert erachten, dass der Embryo mehr Wärme pro Körpergewichtseinheit bildet als das erwachsene Mutterthier.

Zunächst liess sich feststellen, dass die Wachsthumsgeschwindigkeit des Neugeborenen und die Entwickelungsdauer zweifellos zusammenhängen, wie folgende Beispiele zeigen:

	Zeitdauer der Verdoppelung beim Wachsthum Tage	Entwickelungsdauer Tage
Pferd	60	333—343
Kuh	47	285—290
Schaf	15	144—150
Mensch	180	280
Schwein	14	116
Hund	8	63
Katze	9	56

Die Entwickelungsdauer nimmt auch im Allgemeinen mit der Grösse des Thieres ab. Eine Ausnahmestellung hat der Mensch. Schaf und Mensch haben gleiches Geburtsgewicht. Beim Schaf dauert die Entwickelungsdauer nur halb so lange als beim Menschen. Noch weit stärker differirt allerdings das extrauterine Wachsthum.

Unter gewissen berechtigten Annahmen kann man den Energieverbrauch im intrauterinen Leben schätzen, und wenn diese Zahlen auch nicht so genaue sind wie für die Neugeborenen in der Periode ihrer ersten Gewichtsverdoppelung, so berechtigen sie doch zur Annahme der Gültigkeit des energetischen Wachsthumsgesetzes.

Ich finde als Wärmeentwicklung während der Bildung von 1 kg Lebendgewicht im intrauterinen Leben beim

Pferd	2028 kgcal.	
Rind	1915	2240 kgcal. im Mittel
Schaf	2728	
Schwein	2210	
Hund	2318 kgcal.	

Addirt man hierzu den Gewinn von 1 kg Lebendgewicht in kgcal., so findet man als Wachsthumsquotienten 40.5 Procent, also mehr als im extrauterinen Leben, was sich daraus zum grossen Theil erklärt, dass im intrauterinen Leben das Mutterthier eine ganze Reihe von Leistungen für Rechnung des Embryo mitbesorgt, wodurch relativ mehr für den Ansatz übrig bleibt.

Das energetische Grundgesetz der Wachsthumsgeschwindigkeit klärt uns also über eine ganze Reihe von Erscheinungen und Eigenthümlichkeiten der Wachsthumsernährung auf.

Was bedeutet das Wachsthumsgrundgesetz aber seinem inneren Wesen nach? Da bei dem Wachsthum der Säuger die Producte aus Zeitdauer des Wachsthums und Kraftwechsel constant sind — den Menschen ausgenommen —, so sind eben die Anwuchszeiten bis zur Verdoppelung des Thieres genau umgekehrt proportional dem Kraftwechsel. Je weniger Tage zum Anwuchs nothwendig sind, desto intensiver ist der Kraftwechsel, und ebenso beschleunigt ist aber auch das Wachsthum.

Das Wachsthum ist also eine Function des Stoffwechsels der Neugeborenen, die Wachsthumsquote constant. Ein Thier, das einen intensiven Stoffwechsel hat, erübrigt durch das gleichsinnig gesteigerte Wachsthum in kürzerer Zeit so viel, um seine Gewichtsverdopplung zu erreichen, wie ein anderes mit kleinerem Stoffwechsel in langer Zeit. Der Wachsthumstrieb, wie er sich in der Wachsthumsquote ausdrückt, ist bei den Thieren in der gleichen Wachsthumsperiode derselbe.

Die zweite Bedingung, welche zu dem Ergebniss des energetischen Wachsthumsgesetzes führt, ist der Kraftwechsel, welcher in demselben Maasse ansteigt, wie die Verdopplungszeit kürzer wird. Diese Erfahrung lässt sich nun auch anders formuliren, da uns die Beziehungen der Kraftwechselintensität zur Masse des Thieres genau bekannt sind. Beide folgen streng dem Oberflächengesetz. Dem intensiveren Kraftwechsel der kurzen Verdopplungszeit entspricht pro Kilo Thier eine proportional gesteigerte Oberfläche. Damit ist auch das absolute Gewicht der Thiere scharf bestimmt. Der grösseren Wachsthumsgeschwindigkeit entspricht zwar immer ein kleineres Thier, aber nicht Körpergewichte, die etwa umgekehrt proportional zu diesen Zeiten stehen, sondern solche Gewichtsmassen der Thiere, die sich rechnerisch nach dem Oberflächengesetz aus dem Kraftwechsel berechnen lassen.

Das energetische Wachsthumsgesetz hängt also in seinem Ergebniss eben von der absoluten Grösse des jeweiligen Neugeborenen mit ab. Wachsthumsquotient und die von der relativen Oberfläche abhängige Intensität des Kraftwechsels der Körpergewichtseinheit bestimmen das zahlenmässige Ergebniss des Wachsthumsgesetzes.

Extrauterines und intrauterines Leben unterscheiden sich hinsichtlich der wirksamen Factoren keineswegs, nur quantitativ mit Bezug auf den Wachsthumsquotienten.

Den letzteren könnte man geradezu als einen Ausdruck des Wachsthumstriebes ansehen, den man gerne als eine Äusserung vererbter Grundeigenschaften der Zelle betrachten wird. Beim Menschen ist dieser Wachsthumstrieb klein. Um eine blosse Zu-

rückhaltung des Wachsthums bei demselben durch einen abnorm niedrigen Eiweissgehalt der Kost kann es sich nicht handeln. Wenn die menschliche Milch geringe Eiweissmengen führt, so hat sie sich eben dem geringen Wachsthumstrieb angepasst. Würde es sich nur um ein künstliches Niederhalten der Wachsthumsgrösse während der Brustnahrung handeln, so würde zweifellos später bei anderer Nahrung das Kind einholen, was es früher an Wachsthumsmöglichkeit eingebüsst hatte. Davon ist aber nichts bekannt. Auch wenn man von Anfang an Kuhmilch reicht, hat die Mehrzufuhr an Eiweiss keine andere Folge, als dass der den Wachsthumsbedarf überschreitende Eiweissantheil einfach zersetzt wird.

Ein Vortheil des langsamen menschlichen Wachsthums liegt möglicherweise in der Begünstigung der Entwicklung des Gehirnes, das bei der langsamen Ausbildung der übrigen Organe des Körpers erst spät mit nervösen Apparaten belastet wird, welche zur Innervirung der vegetativen Organe bestimmt sind.

Im normalen Lebensverlauf beginnt die Entwicklung der Organismen im intrauterinem Leben mit der Erweckung eines Wachsthums, das durch einen hohen Wachsthumsquotienten ausgezeichnet ist, beim Neugebornen ist der Quotient bereits niedriger und sinkt dann weiter von Periode zu Periode bis zur Vollendung des Wachsthums, dem Ende der Jugendzeit. Bis zu diesem Momente hat die Schaffung der Körpergewichtseinheit bei den Thieren einen gleichheitlichen Energieaufwand gekostet, nur der Mensch nimmt durch den grossen Energieaufwand eine andere Stellung ein.

Wenn also alle Thiere in das Stadium der Vollendung des Wachsthums treten, nachdem sie bis dahin pro Kilo dieselben Energiemengen verbraucht haben, so ist der Gedanke naheliegend, auch zu fragen, wie sich denn dann die entsprechenden Werthe des relativen (pro 1 Kilo Körpergewicht berechneten) Energieverbrauchs bis zum Lebensende verhalten; mit anderen Worten, ob irgend eine Beziehung zwischen dem Verbrauch an Energie und Lebensdauer besteht und welcher Art dieselbe ist. Dieser Gedanke entwickelt sich logisch aus dem energetischen Wachsthumsgesetz; es fusst dieses auf experimentellen Thatsachen, nämlich der Feststellung eines gleichartigen relativen Energieverbrauchs in der ganzen Jugendperiode.

Der Versuch, hierüber Aufklärung zu gewinnen, kann naturgemäss sich nur auf den Umfang der oben angestellten Beobachtungen erstrecken. Bis jetzt sind Bemühungen, die verschiedene Lebensdauer der Species zu erklären, überhaupt nicht gemacht worden. Allenfalls könnten als Versuche dieser Art nur zwei Vorkommnisse in der Litteratur hier genannt werden.

Das Buffon-Flourens'sche Gesetz ist aus dem Grundgedanken eines schematischen Aufbaues der Altersperioden der Thiere entstanden; es besagte aber nichts über die Gründe einer solchen Ordnung. Da Buffon starb, ehe die neue Aera der Entdeckung des Sauerstoffs und seiner physiologischen Functionen ein Gemeingut der Wissenschaft geworden war, konnten seinen Erwägungen natürlich auch keine präciseren Vorstellungen über die Art der maassgebenden Lebensprocesse zu Grunde liegen.

Es liess sich aber dieses Gesetz auch späterhin als keine physiologische Nothwendigkeit voraussehen, da ja der Aufbau der lebenden Substanz in der Jugendperiode keineswegs auf denselben ernährungsphysiologischen Grundlagen beruht wie das Leben des ausgewachsenen Individuums. Die Neubildung der Organmasse und die Lebenserhaltung des erwachsenen Thieres sind verschiedene Processe. Es hat sich das Gesetz nach der Meinung der späteren Autoren überhaupt auch nicht als empirisches Mittel der Lebensdauerbemessung verwerthen lassen. Auch wenn man die hypothetische Voraussetzung hätte machen wollen, dass die Langsamkeit oder die Schnelligkeit des Wachsthums eine bestimmte Function der Stoffwechselintensität im Sinne eines gleichartigen Wachsthumsquotienten sei, was ja nicht a priori bewiesen ist, würde man über die Dauer des Lebens des ausgewachsenen Thieres aus rein physiologischen Gründen keine Aussage haben machen können.

Die durch die allgemeine Erfahrung anscheinend begründete längere Lebensdauer der Thiere mit grosser Körpermasse hat später Lotze veranlasst, wenn man so sagen darf, eine Consumtionshypothese aufzustellen. Der Erklärungsversuch, der sich wesentlich auf die Verschiedenheit der Grösse der mechanischen Arbeitsleistung gründete, ist aber ein sehr primitiver geblieben und wäre wohl auch bei näherer Betrachtung schwer zu begründen gewesen.

Lotze meinte: »Grosse und rastlose Beweglichkeit reibt die organische Masse auf, und die schnellfüssigen Geschlechter der jagdbaren Thiere, der Hunde, selbst der Affen stehen an Lebensdauer sowohl dem Menschen als den grossen Raubthieren nach, die durch einzelne kraftvolle Anstrengungen ihre Bedürfnisse befriedigen.« Auch diese Hypothese ist namentlich von Weismann zurückgewiesen worden, indem er betonte, dass schnelllebige Vögel sogar träge Amphibien an Lebenslänge übertreffen können.

Weder für die Flourens'schen noch für Lotze's Anschauungen haben sich genügende Beweise finden lassen.

Wenn man aber auch alle Einwände gegen diese Hypothesen wird gelten lassen müssen, so schliesst dies doch nicht aus, dass sich vielleicht im Thierreiche Gesetzmässigkeiten für die Lebens-

dauer finden lassen, die aber nur für bestimmte, vielleicht aber recht grosse Gruppen von Species Geltung haben könnten. Nur von diesem Gesichtspunkt ausgehend, habe ich bei den Säugethieren und dem Menschen versucht, ein Bild ihres Energieverbrauchs während ihres ganzen Lebens festzustellen.

Hier stösst man aber auf ausserordentliche Schwierigkeiten, die in der ungenügenden Feststellung des wahren Lebensalters liegen. Dies gilt weniger für den Menschen als vielmehr vor Allem hinsichtlich des Alters der Thiere. Immerhin habe ich für einige Fälle ein verwendbares, wennschon nicht völlig einwandfreies Material gefunden, das in folgenden Zahlen sich wiedergegeben findet:

	Gewicht	Lebensdauer	Jugendzeit	Lebensdauer ohne Jugendzeit
Pferd	450 kg	35	5	30
Rind	450 »	30	4	26
Mensch	60 »	80	20	60
Hund	22 »	11	2	9
Katze	3 »	9.5	1.5	8
Meerschweinchen	0.6 »	6.7	0.6	6

Zur Feststellung des mittleren Energieverbrauchs für das ganze Leben nach der Jugendzeit kann man, um Vergleichszahlen zu erhalten, diese Berechnung am besten für den Ruhezustand durchführen, wobei aber zu bedenken ist, dass die wahren Werthe durch gelegentliche Arbeitsleistung höher ausfallen können. Das Resultat war folgendes:

	Reincalorien (Kgrcl.) pro Kilo für die Lebenszeit nach beendigtem Wachsthum		
Pferd	163900		
Rind	141090		
Mensch	725800	Mittel der Thiere	191600
Hund	164000		
Katze	223800		
Meerschweinchen	265000		

Soweit man es also bei der noch etwas unsicheren Altersbestimmung, besonders der kleineren Thiere, erwarten konnte, gehen die Werthe des Gesammtenergieverbrauchs wenigstens insoweit überein, dass man behaupten darf, 1 kg Lebendgewicht der Thiere nach dem Wachsthum verbraucht während der Lebenszeit annähernd ähnliche Energiemengen. Nur der Mensch zeichnet sich durch seine ganz besonders hohen Zahlen des Energieumsatzes vor allen übrigen Organismen aus. Mit Rücksicht auf das für die Jugendzeit festgestellte Energiegesetz, das

die gleichen Verhältnisse zum Ausdruck brachte, zeigt sich das Leben der Thiere durch einen weit niedrigeren, zwischen den Species wenig differirenden Kraftconsum gegenüber dem viel höheren Energieconsum des Menschen charakterisirt.

Die lebende Substanz des Menschen bleibt ihrer ganzen Leistung nach durchaus nicht, wie man gewöhnlich mit Bedauern sagt, hinter den Leistungen anderer Warmblüter zurück, sondern steht diesen im Gegentheil weit voran.

Soweit reichen die Thatsachen. Mit ihrer Wiedergabe allein kann man sich nicht genügen lassen, denn es ist einleuchtend, dass bei einem so merkwürdigen gesetzmässigen Verhalten der lebenden Substanz doch tiefere Gründe, die auf das Wesen der letzteren sich gründen, vorausgesetzt werden müssen. Das Protoplasma versagt seinen Dienst, wenn es bestimmt begrenzte, bei vielen Säugern gleichmässig grosse Leistungen vollzogen hat.

Die Ergebnisse legen also die Vermuthung nahe, es möchte die Begrenzung des Lebens vielleicht seine ursächliche Erklärung in dem Zusammenbruch der Zerlegungsfähigkeit des Protoplasmas finden. Die Spaltung der Nahrungsstoffe und die damit verknüpfte Umwandlung der potentiellen Energie derselben ist mit fortwährenden Stellungsänderungen der Atomgruppirung des Protoplasmas verknüpft, mit Arbeitsleistungen in der lebenden Substanz auf Kosten der Nahrung, wobei sich die Nahrungsstoffe nach ihrem physiologischen Verbrennungswerth vertreten. Die vorliegenden Zahlen würden also annähernd der Vorstellung entsprechen, dass die lebende Substanz nur eine begrenzte Zahl von Lebensactionen der Zerstörung von Nahrungsstoffen ausführen kann, der schliesslich eine vollkommene Erschöpfung folgt. Bei kleinen Thieren ist die Summe dieser möglichen Leistungen schnell, bei grösseren erst in langen Intervallen gegeben. Das Lebenssubstrat des Menschen zeichnet sich durch eine ganz besonders grosse Widerstandskraft aus, es ist aber kaum anzunehmen, dass es den einzigen Fall von Langlebigkeit in der Natur darstellen wird.

Bei dem Kraftwechsel und der beständigen Bewegung innerhalb der lebenden Substanz müssen allmählich Schädigungen und irreparable Nachtheile eintreten, welche der absoluten Grösse des Energieumsatzes proportional gehen und allmählich zum Tode führen.

Eine solche Consumtion trotz genügender Ernährung ist vielleicht ein Gedanke, der uns nicht sehr wahrscheinlich klingen mag. Schliesslich geht doch die Lebensbewegung und der Kraftwechsel weiter, seitdem es Belebtes in der Natur giebt, ohne dass eine Erschöpfung dieser Leistungen anzunehmen wäre.

Die Erklärung ist, wenn man überhaupt eine Schwierigkeit des Verständnisses hier finden will, sehr einfach. Bei den einzelligen Wesen, die sich durch einfache Theilung fortpflanzen, giebt es, so sagt man, keinen Tod, jedes neu gebildete Wesen ist in gleicher Weise wieder tauglich zum Leben.

Dieses Verhältniss wird nach Beobachtungen, die ich an Hefezellen angestellt habe, ein ganz anderes, wenn man durch einen Kunstgriff die Zellen zwingt, ohne Wachsthum zu leben.

Man kann ihnen dieselbe Nahrung bieten, mit der sie sonst wachsen könnten, kommen sie aber nicht zur Vermehrung, so altern sie und gehen in wenigen Tagen zu Grunde. Sie sind jetzt in diesem wachsthumslosen Zustand erstaunlich kurzlebig geworden. Nur das Wachsthum, die Umformung und neue Mischung der Materie ist der Urquell des Lebens, nur sie können die Folgen einer einseitigen Lebensäusserung, wie der Kraftwechsel eine ist, beseitigen.

Bei dem erwachsenen Säugethier ist aber diese Umformung und Mischung völlig ausgeschlossen. Mit der Erreichung des Endes der Jugendzeit, ja, schon einige Zeit vorher, wird die Potenz des Wachsthums in den Fortpflanzungsorganen concentrirt.

Von einem bestimmten Zeitintervall ab treten die das Wachsthumsprincip enthaltenden Potenzen an die Geschlechtsorgane, und die übrigen Zellen des Organismus verlieren die Fähigkeit, weiter sich zu entfalten. Die maximale Grösse der Species ist erreicht.

Ob wir nun diesen Termin als etwas einfach in der Organisation Liegendes betrachten wollen oder ob die lebende Substanz der Zellen des Körpers nach einer gewissen energetischen Leistung das Wachsthumsprincip leichter an die Geschlechtsdrüsen abgibt, mag unentschieden bleiben.

Es wird Aufgabe der Zukunft sein, die Gültigkeit dieser Gesetze näher zu erforschen; voraussichtlich werden sich verschiedene Gruppen gleich construirter »lebender Substanzen« ergeben, deren gegenseitiger Vergleich uns vielleicht dann weitere Gesichtspunkte zu erneuter Forschung giebt.[1]

---

[1] Die ausführlichen Mitteilungen meiner Untersuchungen werden an anderer Stelle erfolgen.

Über rezente allochthone Humusbildungen.

Von Prof. Dr. H. Potonié.

(Vorgelegt von Hrn. Branca.)

Seit Jahren beschäftigte ich mich mit den rezenten Humus- und verwandten Ablagerungen, ursprünglich nur in der Absicht, aus dem Vergleich der Entstehung dieser rezenten Bildungen mit den Tatsachen, die die fossilen Humus- usw. Ablagerungen bieten, für die Genesis der letzteren Daten zu gewinnen.

Im Hinblick auf die noch vielfach hervortretende Neigung, die Steinkohlenlager als allochthon anzusehen, d. h. als entstanden aus angeschwemmtem Pflanzenmaterial (Pflanzenteile an zweiter Lagerstätte), ist es daher von besonderem Wert, nun wirklich einmal einige rezente Vorkommnise dieser Art in ihrer Erscheinungs- und ihrer Entstehungsweise genauer kennen zu lernen. Zu dem Zwecke habe ich in 1906 zwei Fälle näher untersucht. Der Darlegung schicke ich die folgenden Definitionen voraus:

Wo es sich um einen Transport von lebendem oder im Absterben begriffenem oder eben abgestorbenem Material handelt, sei von Verschwemmung die Rede bzw. von Schwemmhumus für das entstehende Gestein, das sein kann Schwemmoder oder Schwemmtorf; findet jedoch eine durch Wasser bewirkte Umlagerung von bereits gebildetem Humus statt, so sei von Schlämmhumus gesprochen, der sein kann Schlämmoder oder Schlämmtorf. Hierbei erfolgt ein Ausschlämmen und Schlämmen eines bereits durch Zersetzung entstandenen brennbaren Bioliths, eines Kaustobioliths, womit naturgemäß eine mehr oder minder weitgehende Separation der Bestandteile nach ihrem Gewicht und nach ihrer Größe verbunden ist.

1. Schwemmhumus.

Über Schwemmtorf verweise ich auf die Darlegungen, welche ich in meiner Klassifikation und Terminologie der rezenten brennbaren Biolithe und ihrer Lagerstätte 1906 S. 71 gegeben habe[1].

Schwemmoder. Wie die allbekannte Tangstranddrift auffällige Strandwälle erzeugen kann, so können dies auch angeschwemmte Pflanzenreste, die, ursprünglich dem Lande angehörend, ins Wasser geraten sind und nun von diesem wieder auf ein Ufer gebracht werden. Bei uns ist besonders auffällig die aus Röhrichtbestandteilen, besonders Stengelteilen von Rohrschilf (*Arundo phragmites*) zusammengesetzte Stranddrift, die in mehr oder minder mächtigen Ansammlungen vorkommt, freilich oft genug nur von niedergelegten und zu natürlichem Häcksel mehr oder minder zerkleinerten Massen der an demselben Ufer wachsenden Röhrichtpflanzen herstammend. Dieses Material kann sich ebenfalls zu Strandwällen anhäufen; sie begleiten die Ufer unserer havelländischen und anderer Gewässer, wie z. B. die Ufer des Müggelsees. Nur selten erhalten sich solche Ansammlungen in bemerkenswerteren Schichten, da oft genug alles verwest; insbesondere aber, weil diese Stranddrift von der Kultur beseitigt wird, und zwar dort, wo sie bis 1.5 m mächtig werden kann, wie an der Südküste des Stettiner Haffs, durch Verbrennung, damit die bedeckten lebenden — oft zum Schutz der Küste und im Interesse von Landgewinnung[2] erst angepflanzten — Röhrichtbestände nicht »erstickt« werden. Freilich ein wirkliches vollständiges Ersticken des Rohrschilfes speziell würde nur bei ausnahmsweise mächtigen Aufschüttungen erfolgen können, da *Arundo phragmites* die Fähigkeit besitzt, durch recht dicke Schichten wieder durchzustechen; aber die durchstechenden Sprosse bleiben doch zunächst kleiner und nehmen erst nach und nach wieder nutzbringende Größe an.

Eine natürliche mächtigere Ablagerung von Landpflanzenstranddrift hat C. Schröter in der von ihm gemeinsam mit O. Kirchner herausgegebenen Arbeit: »Die Vegetation des Bodensees«[3] beschrieben. Er bezeichnet die Ablagerung als »Schwemmtorf«, und zwar setzt er hier das Wort selbst in Anführungsstriche; weiter unten sagt er dann nur: »Überführung mit Gesteinsmaterial würde zweifellos solche An-

[1] Von dieser Schrift erscheint von der Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt herausgegeben eine sehr erweiterte 2. Auflage unter dem Titel »Die rezenten Kaustobiolithe«.

[2] So z. B. am Stettiner Haff, am Kurischen Haff, am Bodensee usw.

[3] Bodenseeforschungen, Neunter Abschnitt II. Lindau 1902. S. 39—42.

häufungen zu einer ‚torfähnlichen‘ Schicht zusammenpressen.« J. Früh hingegen[1] nennt das Material solcher Ablagerungen ohne Beschränkung Schwemmtorf. Ich erwähne das, weil aus dem Weiteren hervorgehen wird, daß es besser zu den Moderbildungen (Schwemmoder) gerechnet wird.

Schröter beschreibt a. a. O. die größeren der in Rede stehenden Ablagerungen wie folgt:

»Die braunen Pflanzentrümmer bestehen aus abgerollten Holzstücken, Zweigfragmenten, Rindenfetzen, Rhizomteilen usw. und bilden eine über metertiefe Aufschüttung, in welcher die sukzessiven Wasserstände ihre parallel verlaufenden ‚Strandlinien‘ hinterlassen haben. Die Masse hat das Aussehen eines lockeren Torfs; sie ist von Wasser durchtränkt, und man sinkt tief darin ein; die Grundlage bildet der vollständig zerriebene feinere Detritus; eingestreut sind größere Pflanzenfragmente, die am Wasserrande von den Wellen hin- und hergetragen werden.« Kirchner[2] hat auch bernsteinähnliche Gerölle von »Fichtenharz« im Schwemmoder von Langenargen gefunden.

Ich habe zum Studium solcher Ablagerungen das Ufer des Bodensees untersucht und kann danach das Folgende berichtigen.

Was zunächst die mächtigste Ablagerung angeht, die sich zwischen der Schussenmündung und Langenargen (im Württembergischen) befindet, so stammt ihr Material von den Ufern der in den Bodensee mündenden Schussen, die bei Hochwasser zeitweilig viel Pflanzenmaterial erhält, wie ich das selbst noch zu beobachten in der Lage war, was aber nach Vervollständigung der begonnenen Regulierung ganz hintangehalten werden wird. Die Überschwemmungen schaffen auf den anliegenden Streuwiesen Abraum, der zum Teil mitgenommen wird, und das bewegtere Wasser des Flußbettes selbst bringt an den Steilküsten Bäume zum Sturz und reißt sie zum Teil mit sich fort. Als ich Ende August 1906 dort war, waren noch die Folgen aus dem Frühjahr zu beobachten. Der Fluß hatte durch reißende Gewalt von einer östlichen Steiluferstrecke ganze Stücke mit Vegetationsbestand, darunter große und ziemlich viele Bäume zum Sturz gebracht. Sobald das verschwemmte Material in das Wasser des Bodensees gerät, beginnt der Kampf zwischen der im Norden einmündenden Schussen, die es hinauszuführen bestrebt ist, wie ihr bereits eine mächtige Sandbank im Bodensee vorgelagert ist, und zwischen dem von dem vorherrschenden West- und Südwestwinde gepeitschten Bodenseewasser. So kann[3] bei Sturm in einem einzigen Tage

---

[1] Früh und Schröter: Die Moore der Schweiz, 1904, S. 213.
[2] A. a. O. S. 40 u. 41.
[3] Nach zuverlässiger Mitteilung des Hrn. Handelsgärtners Albert Schöllhammer.

so viel Pflanzendetritus an den Strand geworfen werden, daß 2 m mächtige Ablagerungen entstehen; wesentlich aus Material, das namentlich im Frühjahr, von der Schussen herausgeführt, Zeit hatte, sich voll Wasser zu saugen und daher vor der Sandbank unterzusinken, um auf dem Boden des hier flachen Seewassers abgelagert zu werden. Das Material wird naturgemäß mehr oder minder separiert an den Strand geworfen und wird von den Anwohnern »Seekot« auch »Gemür« genannt.

Das in Rede stehende Lager befindet sich im Besitze des Hrn. Schöllhammer, der es zur Verwendung bei seinen Kulturen als »Gartenerde« abbaut. Zu der Zeit, als ich dort war, war es ziemlich tief ganz ausgetrocknet: ist es doch durch seine Lage am Nordufer des Sees der direkten Sonnenwirkung stark ausgesetzt. Hiermit dürfte es zusammenhängen, daß es mir bei diesem und überhaupt bei so exponierten Lagern nicht gelungen ist, in ihnen auch nur einen Regenwurm zu finden; auch Hr. Schöllhammer hat in seinem Lager nie einen solchen gesehen. Es steht dies ganz in Gegensatz zu den Ablagerungen gleicher Art an vor der Sonne geschützteren Stellen am Südufer des Bodensees (auf der Schweizer Seite), z. B. östlich von Rorschach, wo ich im Schwemmoder zahlreiche Regenwürmer auffand, während in bergfeuchtem Torfe (unentwässerter Reviere) eben Regenwürmer und ihre Begleiter niemals vorhanden sind. Die Ablagerungen sind verschieden, je nachdem ihr Material eine geringere oder größere Verschwemmung bzw. Wassereinwirkung erlitten hat. Ist dieser Einfluß gering, so sind die Materialien weit weniger ausgelaugt als die z. B. von der Schussen gelieferten. Aber auch da, wo die Auslaugung eine geringere ist, ist doch der Einfluß der Atmosphärilien meistens ebenso weitgehend wie dort, wo sich — wie in geeigneten Wäldern — Moder bildet. Schwemmtorf könnte aus Pflanzendetritus nur da entstehen, wo dieser frisch in gehörigen Lagen an den Strand kommt und schnell genug, wie bei der Torfbildung, zum hinreichenden Abschluß vor den Atmosphärilien gelangt oder wo er unter stagnierendes Wasser gerät.

Außer Rohrschilfresten finden sich in den in Rede stehenden Schwemmoderlagern, deren Bestandteile alle den Charakter von natürlichem Häcksel tragen, Holzstücke und Gerölle, Blattreste der verschiedensten Pflanzenarten, Kiefern- und Fichtenzapfen und andre Früchte und Samen. Die Samen, wenn nicht gerade ganz frisch herzugeführt, nur von solchen Arten, die eine resistentere Schale besitzen. So ist es bemerkenswert, daß von *Quercus*-, *Corylus*-, *Aesculus*-Samen sich nur die hohlen, leeren Schalen finden, ein Hinweis auf die reichlicheren Verwesungsbedingungen, die herrschen, so daß das zurückbleibende Gesamtmaterial in der Tat als Moder anzusprechen

ist. Diese vielen, oft nur kleinen, zuweilen ohne bemerkbare Öffnungen versehenen leeren Schalen geben eine gute Erklärung ab für die Entstehung der so häufigen fossilen Samensteinkerne, z. B. des Karbons. Alles leichter Zersetzliche überhaupt ist in diesem Schwemmoder verschwunden, sehr gegensätzlich zum Torf, in dem sich, sofern die Objekte von vornherein unter reine Fäulnisbedingungen geraten, noch leichtzersetzliche Teile vorfinden[1].

Auch ich war in der Lage, bernsteinähnliche Harzgerölle in diesem rezenten Schwemmoder, von der Fichte und wohl auch der Kiefer, zu beobachten, sowie von harzigen Substanzen, mit denen die Schiffe bestrichen werden. Bei der Veränderung, die diese Harzstücke erlitten haben, werden sie von Anwohnern direkt wie Kolophonium für Streichinstrumente benutzt.

Hr. Schöllhammer machte mich darauf aufmerksam, daß alter, sehr stark zersetzter Schwemmoder, einmal ausgetrocknet, kein Wasser mehr annimmt. Bei der schweren Zersetzbarkeit von Harz ist diese Erscheinung wohl auf eine Anreicherung an harzigen Substanzen zurückzuführen, und das gibt einen Wink, wie man sich die Entstehung des rezenten Denhardtits[2] und des tertiären Pyropissits vorzustellen hat.

2. Schlämmhumus.

Ebermayer hat seinerzeit unter dem Namen Alpenhumus[3] auf einen fast pulverförmigen Humus der nördlichen Kalkalpen hingewiesen, der bisweilen meterdicke Schichten bildet, auf denen Hochwald stockt. Regenwürmer sind höchst selten, nur ganz vereinzelt vorhanden. Nach dieser und der weiteren Beschreibung Ebermayers ergibt sich nichts über die Genesis des Alpenmoders, die auch bis heute unbekannt geblieben ist[4]. Ich habe daher die Kalkalpen, und zwar den Rätikon besucht, um den Versuch zu machen, die schwebende Frage aufzuklären. Die Auffindung des Gesteins selbst machte keinerlei Schwierigkeiten; es fand sich in kleinen, gelegentlich auch größeren Ansammlungen und entsprach in jeder Hinsicht der Beschreibung Ebermayers.

Die Genesis des von mir untersuchten Alpenmoders findet nun die folgende Erklärung:

---

[1] Vgl. die bezügliche Zusammenstellung sowie über die Begriffe Fäulnis usw. meine vorn zitierte Klassifikation, besonders die 2. Auflage derselben.

[2] Vgl. meine Klassifikation S. 81.

[3] Alpenmoder, Potonié, Klassifikation S. 76.

[4] Vgl. z. B. Ramanns Bodenkunde, 2. Auflage 1905, S. 156 und 177.

Die dicht in Polstern und Rasen aufwachsenden Pflanzen haben die Neigung, Trockentorf (= Rohhumus) zu bilden, in hervorragendem Maße. Aber nicht die stoffliche Zusammensetzung solcher Arten ist es, die sie zur Humusbildung prädestiniert, sondern nur die Tatsache, daß sie durch ihren Aufbau die Wirkung der Atmosphärilien auf den Boden durch die Bildung einer dichten Decke mehr oder minder abzuhalten vermögen. Gerade unter den Alpenpflanzen sind nun polster- und rasenbildende Arten bekanntlich eine gewöhnliche Erscheinung und daher ebenso die Bildung von Trockentorf aus diesen Arten dort, wo die Bedingungen für eine Humusbildung günstige sind. An solchen Örtlichkeiten bilden auch solche Pflanzenarten Trockentorf, die auch gern in großen Beständen und unter Umständen vorwiegend dort leben, wo die Bedingungen zur Humusbildung fehlen. Das ist z. B. der Fall mit *Nardus stricta*, die auf dem St. Gotthard Trockentorf erzeugt, besonders zwischen den dortigen »roches moutonnées« und auch auf diesen. Es beteiligen sich hier die verschiedensten Pflanzen an der Trockentorfbildung, wie *Carex curvula* und *Goodenoughii*, *Salix*, *Eriophorum Scheuchzeri*. Man kann ihn als Alpentrockentorf bezeichnen, wenn man Wert darauf legt, auszudrücken, daß dieser Trockentorf in den Alpen u. a. wesentlich aus Alpenpflanzenarten hervorgegangen ist. Noch weitergehend könnte man von *Carex curvula*-Trockentorf usw. sprechen, wenn einmal ein ausschließlicher oder fast ausschließlicher Bestand einer bestimmten Art vorhanden ist. Der Florist wird aus solchen Bezeichnungen vielfach entnehmen können, woher der Trockentorf stammt, z. B. wenn er *Carex firma*-Trockentorf hört, daß es sich um einen Trockentorf der Kalkalpen handelt und wenn von *Carex curvula*-Trockentorf die Rede ist, daß dieser seine Lagerstätte auf Urgestein gehabt haben dürfte. Aber eine weitere Bedeutung haben solche Zusätze zu dem Begriffe »Trockentorf« im allgemeinen nicht, zumal da der auf die Eigenart der Bodenbeschaffenheit gebotene Wink nicht unbedingt stets zu entnehmen ist; denn wenn auch die betreffenden Arten freilich meist in ihrem Vorkommen auf die genannten Gesteine beschränkt sind, so ist es doch nicht immer sicher der Fall. So kommt das das Urgebirge liebende *Rhododendron ferrugineum* auch gern auf Humus vor neben dem kalkholden *Rhododendron hirsutum* in den Kalkalpen, wenn nur hier eine genügende Humuslage gebildet worden ist, wie z. B. am Lüner See, wo ich übrigens auch den Bastard zwischen beiden Arten fand. Es ist dabei wohl zu beachten, daß wir über die Eigenschaften, die die einzelnen Pflanzenarten dem Trockentorf geben, meist gar nicht unterrichtet sind; und dann ist noch zu berücksichtigen, daß durchaus nicht gesagt ist, daß ein Vorkommen z. B. von *Carex curvula* auf einem Trockentorf diesen

nun als aus der genannten Pflanze entstanden ergibt, denn es kann die Vegetation gewechselt haben. Es hat also wenig Wert, von *Carex curvula*-, *Eriophorum alpinum*- usw. Trockentorf zu sprechen. Vor der Hand — bis sich die Notwendigkeit weiterer Gliederung ergibt — würde es daher genügen, von Alpentrockentorf zu reden.

Besondere Einflüsse können nun aus dem Trockentorf die Entstehung bemerkenswerter Moderbildung veranlassen.

Geeignet für eine solche Untersuchung über die Genesis des Alpenmoders fand ich im Rätikon die Strecke zwischen Brand und dem in 1924 m Meereshöhe liegenden höchstgelegenen größeren Alpensee, dem Lüner See, und noch weiter hinauf auf dem Wege zum Scesaplanagipfel. Bei der Schattenlaganthütte (auf dem Wege von Brand nach dem Lüner See) findet sich ein Alpenmoderlager bis $\frac{3}{4}$ m mächtig mit Waldbestand.

Die Entstehung dieses Moders ist dort die folgende.

An hinreichend steilen Hängen drückt der im Winter auflagernde Schnee auf die Trockentorfdecke nach abwärts, so daß diese Decke zu kleineren oder größeren Schollen auseinanderreißt; sie erhalten dadurch zwischen sich freie Bahn für die Wirkung der Atmosphärilien. Wo nun vermöge größerer Steilheit des Gehänges die Schneedecke das Bestreben einer stärkeren Abwärtsbewegung aufweist, kippt er die Schollen um, indem sie dabei vielfach um 90° nach abwärts gedreht werden. Die Pflanzendecke dieser Scholle ist nunmehr senkrecht zum Gehängewinkel gerichtet, und der Humus selbst liegt dann zu Tage. Die dadurch bedingte leichtere Zugänglichkeit des Humus für die Atmosphärilien ist die Ursache für seine Umarbeitung zu Moder und für seine leichtere Angreifbarkeit durch herabfließendes und rieselndes Wasser; daher denn auch die häufigen Andeutungen von vertragenem Humus (Schlämmhumus) in den geeigneten Gebieten. Vielfach findet sich solcher Schlämmhumus, und zwar speziell Schlämmmoder, z. B. auf dem Wege zwischen dem Lüner See und einem kleinen See vor dem Scesaplanagipfel. Sogar auf tieferliegenden Schneefeldern kann man solchen aus Trockentorf hervorgegangenen und nicht nur durch Wasser transportierten, sondern auch durch Wind dislozierten Alpenmoder beobachten. Solche Schneefelder sind dann mit einem schwarzschmutzigen Anfluge behaftet, der, wie es scheint, hier und da mit Kryokonit verwechselt worden ist. Ein schönes Beispiel bot mir Ende August 1906 das als Miniaturgletscher entwikkelte Schneefeld, das in den kleinen See mündet, der sich bei der toten Alpe vor dem Scesaplanagipfel befindet.

Der Schneedruck des nächsten Winters arbeitet in dem angegebenen Sinne fort, d. h. schiebt und überkippt die Humusschollen

weiter talabwärts. An ruhigeren, weniger steilen Stellen häuft sich der wandernde Humus durch Ausschlämmung und Wassertransport, vermengt mit Gesteinsblöcken, zum großen Teil Steinschlag, an und bildet Lager, die einen Hochwald zu tragen vermögen. Daß der Humus solcher Lager kein typischer Torf werden kann, ist klar; denn die Atmosphärilien haben hier weitgehenden Zugang, und Torf fordert für seine Entstehung möglichsten Abschluß derselben.

Ist ein Hang so steil, daß er einer Vegetation, die Trockentorf bildet, nicht oder nur untergeordnet, etwa an Treppenvorsprüngen, Halt verleiht, so ist Alpenmoder am Fuße eines solchen Hanges nicht zu finden.

Der Alpenmoder ist pulverig, krümelig, er kann aber auch bei dichter Packung von torfähnlichem Habitus sein; er ist dann zwar dicht, aber zerfällt außerordentlich leicht. Die in dem Moder vorkommenden Steine charakterisieren sich durch ihre frische und eckigkantige Beschaffenheit, wie gesagt, als Steinschlag, als frisches Bruchmaterial.

Regenwürmer müssen im Alpenmoder in der Tat selten sein, obgleich sie eigentlich in demselben auftreten müßten; ich selbst habe keine beobachtet: vielleicht ist aber die Durchschnittstemperatur in den Regionen, in denen Alpenmoder auftritt, für diese Würmer zu kalt, die für die Gestaltung der Humusböden so überaus wichtig sind.

So entsteht denn aus Trockentorf durch weitere Zersetzung und durch Verschleppung des gebildeten Materials typischer Moder ohne jede Mitwirkung von Regenwürmern, wie das in gleicher Weise der Fall ist bei der Entstehung von Torfmoder (Staubtorf, Bunkerde) aus Moortorf nach der Entwässerung von Mooren auf ihrer Oberfläche, der dann aber meist sehr bald eine Besiedelung von Regenwürmern erfährt.

Wo die Bodenbewegung durch die periodischen Einflüsse des Wassers zu lebhaft ist — und das ist in den Alpen meist der Fall — vermag sich natürlich kein Alpenmoder zu halten, wenigstens nicht in mächtigeren Ablagerungen. Diese finden sich daher wesentlich an dem Fuß der Hänge, an den Grenzen zwischen Talsole und Steilhängen, wie das schon erwähnte Vorkommen bei der Schattenlaganthütte. Der in dem Moder stockende Wald selbst erzeugt durch seine Streu Trockentorf und etwas (autochthonen) Moder; so daß zwar der Schlämmoder den bei weitem überwiegenden Teil ausmacht, jedoch noch anderes hinzukommt. In diesem Alpenmoder sind also vorhanden:

a) Allochthone Bestandteile:

1. Schlämmoder,
2. Steinschlag;

b) Autochthone Bestandteile:
3. Waldtrockentorf,
4. Waldmoder.

Die Tatsache, daß es gerade die Kalkalpen sind, die durch solche Ablagerungen ausgezeichnet sind, steht aber mit dem Kalk an sich in keinem Zusammenhange, etwa durch irgendeinen chemischen Einfluß, den dieser auf die Bildung des Moders ausüben möchte. Wie denn auch in den Kalkalpen auf dem Moder bzw. Trockentorf kalkfliehende Pflanzenarten wachsen, vorausgesetzt, daß die Moder- bzw. Trockentorfschicht eine genügende Isolierschicht bildet. Findet sich doch, wie gesagt, unter solchen Bedingungen selbst *Rhododendron ferrugineum* in den Kalkalpen. Das Vorkommen von reichlicherem Alpenmoder gerade in den Kalkalpen erklärt sich vielmehr dadurch, daß bei der vergleichsweise leichten Verwitterbarkeit des Kalkes Steilhänge und dadurch bewegte Verhältnisse hier ständig sind, also für eine Bewegung des Trockentorfes seine Umbildung zu Moder und für die Verschleppung desselben die günstigsten Bedingungen herrschen.

Ist dem so, so muß unter Umständen auch in Gebirgen aus anderem Gesteinsmaterial — etwa Granit oder Sandstein — »Alpenmoder« entstehen können, wenn auch meist nicht in so auffälliger Entwicklung wie in Kalkgebirgen. In der Tat ist dies der Fall, wie mich Beobachtungen im Buntsandsteingebiet des Schwarzwaldes lehrten, wo sich vielfach geringere Mengen von »Alpenmoder« derselben Entstehung aus Trockentorf — wenn auch hier natürlich nicht von Alpenpflanzen — vorfinden.

Anschließend sei darauf hingewiesen, daß die ruhelosen Bodenverhältnisse, die in geologisch jüngeren und daher noch stark der Abtragung und starker Wasserzirkulation unterliegenden hohen Gebirgen vorhanden sind, die Hauptursache dafür abgeben, daß sie Moorbildungen nur untergeordnet entwickeln, sowohl in ihren ständigen feuchten Höhenlagen, als auch in ihren Tälern. Im Gegensatz zu den ursprünglich ebenfalls hohen, aber jetzt alten und älteren Gebirgen, wie dem Riesengebirge, dem Harz und dem Schwarzwald, die durch ihre ruhigeren Oberflächenformen in ihren feuchten Höhen günstige Bedingungen für die Entstehung und das Festhalten von Moortorf bieten, der freilich durch die künstliche Entwässerung der Moore immer mehr reduziert wird. Werden erst einmal die Alpen in ihr Altersstadium getreten sein, so werden auch sie die Bedingungen für die Entstehung größerer Moore erreicht haben. Einen schönen Beleg hierzu bietet die von Früh[1]

[1] Früh und Schröter, Die Moore der Schweiz. 1904.

gegebene Moorkarte der Schweiz, auf der zwar sehr zahlreiche und große Moore im Vorlande der Alpen, im »Mittellande« der Schweiz, angegeben sind, jedoch nur sehr spärliche, kaum beachtenswerte Torfvorkommen in den Alpen selbst.

Aus der vorausgehenden Darstellung ergibt sich, daß von rezenten Humusbildungen, sofern sie allochthon sind, unterschieden werden können:

I. Von Moderarten:
 a) Schlämmoder (= Alpenmoder) und
 b) Schwemmoder (= sogenannter Schwemmtorf).

II. Von Torfarten:
 a) Schlämmtorf und
 b) Schwemmtorf.

Im vorstehenden ist also für zwei Fälle wirklich das Vorhandensein von Allochthonie dargetan worden. Aber selbst zusammen mit den anderen bekannten Fällen solcher Art handelt es sich doch immer nur um beschränkte Vorkommnisse gegenüber der ungeheuren Menge und Ausdehnung autochthoner Bildungen: der Moore. Dasselbe aber gilt doch auch sicher bezüglich der Genesis der fossilen Kohlen.

Ausgegeben am 23. Januar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
III.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

16. Januar. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Diels.

* Hr. Stumpf trug vor: »Zur Theorie des inductiven Schlusses.«

Der Schluss von Thatsachen auf Gesetze setzt in dreifacher Weise apriorische Erkenntnisse voraus: 1. sofern der Begriff eines Gesetzes überhaupt nur aus der Vergegenwärtigung apriorischer Wahrheiten gewonnen werden kann, 2. sofern die Wahrscheinlichkeitsprincipien, nach denen sich die Glaubwürdigkeit der Gesetzeshypothese im einzelnen Falle bemisst, aus dem Begriffe der Wahrscheinlichkeit analytisch, also apriorisch, einleuchten, 3. sofern der Zusammenhang zwischen den Prämissen und dem Schlusssatze, wie in jedem richtigen Schlusse, so auch im inductiven einen a priori einleuchtenden Satz ergeben muss, wenn man jenen Zusammenhang zum Inhalt eines Urtheiles macht.

1908.

IV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

23. Januar. Öffentliche Sitzung zur Feier des Geburtsfestes Sr. Majestät des Kaisers und Königs und des Jahrestages König Friedrich's II.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

Der Vorsitzende eröffnete die Sitzung, welcher der vorgeordnete Minister, Se. Excellenz Hr. Dr. Holle, beiwohnte, mit einer Ansprache, in der unter Hinweisen auf die Feiern der Königlichen Geburtstage in den Jahren 1808 und 1858 dem Kaiserlichen und Königlichen Protector die Glückwünsche der Akademie und der Dank für die im Jahre 1907 bewilligten wichtigen dauernden Zuwendungen dargebracht wurden.

Sodann hielt Hr. Koser den nachstehenden wissenschaftlichen Festvortrag:

Die Mitteilung, die ich dieser Versammlung an dem heutigen zwiefachen Festtage zu bieten habe, wird den beiden erhabenen Fürsten, denen unsere Feier gilt, zu gleichen Teilen gedankt. Durch die Huld Seiner Majestät des Kaisers, der aus seinem Dispositionsfonds die erforderlichen Geldmittel freigebig zur Verfügung stellte, ist die Staatsarchivverwaltung in die Lage versetzt worden, den größten Teil der Originalbriefe König Friedrichs des Groszen an Voltaire von den Erben des Dichters anzukaufen. Ergänzungen zu dieser überaus wertvollen Erwerbung ließen sich bei vier verschiedenen Gelegenheiten auf dem antiquarischen Markte gewinnen. So ist jetzt ein beträchtlicher Teil des Nachlasses von Voltaire in preußischen Archiven geborgen, nachdem andere Teile schon bald nach dem Tode des Dichters in den Besitz der russischen Regierung übergegangen waren. Wie Voltaire selber bei Lebzeiten auf dem Boden seines Vaterlandes keine bleibende Stätte gefunden hat, ist jetzt also auch diesen hinterlassenen Schriftensammlungen in der Fremde eine Unterkunftsstätte bereitet worden.

Es ist nicht meine Absicht, heute über die neue Ausgabe des Briefwechsels zwischen Friedrich dem Groszen und Voltaire zu berichten, die auf Grund der von uns erworbenen Handschriften vorbereitet wird und demnächst erscheinen soll. Auch will ich nicht unternehmen, den sich über zweiundvierzig Jahre hin erstreckenden Verkehr zwischen dem König und dem Dichter zu schildern, wie das oft und an andrer Stelle auch von mir selber versucht worden ist. Vielmehr soll aus der Masse der neu gehobenen Schätze nur ein einzelnes Stück, eine bisher unbekannte Dichtung des Königs, herausgegriffen und mitgeteilt werden. Eine Ode, die in mehr als einer Richtung Stoff zur Betrachtung und Anlaß zur Erörterung bietet. Indem dieses Gedicht hier zur Mitteilung gelangt, wird für den heutigen Tag lediglich eine alte Überlieferung der Akademie wieder aufgenommen; denn mehr als einmal sind zu Lebzeiten des Großen Königs, der nicht nur der Wiederhersteller und Schirmherr der Akademie, sondern auch ihr eifriger Mitarbeiter war, Erzeugnisse seiner Feder hier in diesem Kreise an die Öffentlichkeit getreten; ich darf an die denkwürdige Festsitzung des 27. Januar 1772 erinnern, in der in Gegenwart der erlauchten Schwester des königlichen Verfassers, der Königin Luise Ulrike von Schweden, hier die Abhandlung »Über den Nutzen der Wissenschaften und Künste in einem Staate« durch eines der Mitglieder verlesen wurde.

Wir wußten aus einem Briefe König Friedrichs an Voltaire vom 25. Juli 1742, daß dem Briefe eine Ode angeschlossen war, eine poetische Rechtfertigung des Breslauer Friedens, den der König soeben mit der Königin Maria Theresia abgeschlossen hatte, eine Rechtfertigung überhaupt der preußischen Politik im Ersten Schlesischen Kriege. Den Veranstaltern der Kehler Gesamtausgabe der Werke Voltaires hat diese Ode in dessen Nachlasse noch vorgelegen; sie führen den Titel an »Über die Urteile, die das Publikum über diejenigen fällt, die mit dem unglückseligen Beruf der Politiker betraut sind«[1]. Die Ode selbst teilten sie nicht mit. Sie galt seitdem als verschollen; der Herausgeber unserer akademischen Ausgabe der Œuvres de Frédéric le Grand, J. D. E. Preusz, hat sich um die Mitte des vorigen Jahrhunderts vergeblich bemüht, ihrer habhaft zu werden. Jetzt endlich ist sie zum Vorschein gekommen und zu uns gelangt.

Der Verfasser hatte die Ode von der Sammlung seiner literarischen Werke, die er einige Jahre vor dem Siebenjährigen Kriege

[1] Sur les jugements que le public porte sur ceux qui sont chargés dans la société civile du malheureux emploi de politiques. Die Worte dans la société civile ergänze ich aus dem Original.

als Œuvres du philosophe de Sanssouci drucken ließ, ausgeschlossen. Vielleicht hatte er nicht einmal eine Abschrift zurückbehalten. Es mag zweifelhaft erscheinen, ob der Philosoph von Sanssouci damit einverstanden sein würde, wenn er sähe, daß man, wie es jetzt üblich ist, die von ihm beiseite geschobenen ersten Entwürfe seiner Gedichte hervorzieht und ihre Varianten den endgültig angenommenen Texten gegenüberstellt. Im vorliegenden Falle aber darf für die Veröffentlichung gerade dieser Ode der nämliche Umstand noch heute geltend gemacht werden, mit dem einst ihr Dichter die Abfassung und weiter die Mitteilung an Voltaire begründete. Er meinte, daß nicht leicht zuvor in einer Ode so viel von Politik gesprochen worden sei, und dieses politische Interesse ließ ihn sich darüber hinwegsetzen, daß seine Alexandriner, wie er bekannte, nicht so harmonisch wären, wie man es wünschen könnte.

Die Ode, eine Verteidigung der Berufspolitiker, ist dieser ihrer allgemeinen Tendenz nach ein Seitenstück zu der poetischen Epistel von 1749, die in den Œuvres du philosophe de Sanssouci als »Verteidigung der Könige« (Apologie des rois) erscheint. Sie entspricht ihrem besonderen Inhalt nach der Flugschrift, die der König zur Rechtfertigung seines Friedensschlusses wenige Tage nach der Abfassung der Ode unter dem Titel »Brief des Grafen ** an einen Freund« niederschrieb, um sie insgeheim zu Köln drucken und demnächst in Frankreich verbreiten zu lassen, die er dann zurückzog, um die französische Empfindlichkeit zu schonen, und die ich, nachdem 1742 die Drucklegung eingestellt worden war, vor jetzt dreißig Jahren im Auftrage der Akademie in der Sammlung der »Preußischen Staatsschriften aus der Regierungszeit Friedrichs II.« veröffentlicht habe. Die Ode ist weiter ihrem Inhalt nach ein Vorläufer zu den zeitgeschichtlichen Denkwürdigkeiten des Königs, zu der Histoire de mon temps, ein Mémoire vor den Memoiren. Daß Friedrich in dem Augenblick, wo er die Ode verfaßte, sich bereits mit dem Plane trug, seine eigne Geschichte zu schreiben oder zu diktieren, wissen wir aus einem Briefe des Freiherrn von Pöllnitz vom 7. April 1742. Unsre Ode erscheint in ihren erzählenden Strophen geradezu als eine Skizze zu der Geschichte des Ersten Schlesischen Krieges; und wenn in der Entwicklung der nationalen Literaturen insgemein der prosaischen Historie eine historische Poesie vorangegangen ist, so weist also Friedrichs des Groszen historiographische Betätigung, dank einem Zufalle, die gleiche Abfolge auf.

Ein Prolog zu der Histoire de mon temps, ist unsre Ode weiter ein Epilog zum Antimacchiavell. Ein Epilog, aber keine Palinodie, kein Widerruf. Der Kampfeston gegen den Macchiavellismus der Staats-

lenker wird in der Ode kräftig und scharf angeschlagen wie zwei Jahre früher im Antimacchiavell; ja noch schärfer, denn die Polemik der Ode erhält eine persönliche Spitze. Und zwar nach einer schon im Antimacchiavell vorgezeichneten Richtung.

Dem Verfasser des Antimacchiavell haben bei seiner Abrechnung mit der politischen Moral des Florentiners zwei Franzosen vor Augen gestanden. Der eine, der erste Bourbonenkönig, in der idealen Verklärung des Voltaireschen Heldenepos, der Henri IV der Henriade. Eine Nachwirkung der Henriade nannte der preußische Kronprinz seinen Antimacchiavell. Die hochherzigen Gesinnungen Heinrichs IV. sollen dem politischen Urteil Maßstäbe und dem politischen Verhalten Gesetze geben[1].

Der andre Franzose weilte noch unter den Lebenden. Es war der alte Kardinal Fleury, ehedem der Erzieher und damals bereits seit mehr als einem Jahrzehnt der »Prinzipalminister« König Ludwigs XV., der dritte in der Reihe der großen Prälaten, die im 17. und 18. Jahrhundert die Geschicke Frankreichs gelenkt haben. Gegen Fleury enthält der Antimacchiavell einen unverhüllten Angriff; der preußische Kronprinz nennt ihn dort »den weisen und geschickten Minister, der in Frankreich am Staatsruder sitzt und dem es bei den Lehren Macchiavells viel zu wohl geworden ist, als daß er auf halbem Wege sollte einhalten wollen.« Gegen Fleury richtet sich auch unsre Ode.

Der Kronprinz hatte sich sein Urteil über den Leiter der französischen Politik beim Ausgang des Krieges von 1733 bis 1735 gebildet. Frankreich hatte damals seine Verbündeten, Spanien, Sardinien und den König Stanislaus Leszczynski von Polen, verlassen, um sich durch einen Sonderfrieden mit dem Wiener Hofe die Erwerbung von Lothringen zu sichern, obgleich bei Beginn des Kampfes das französische Kriegsmanifest verkündet hatte, daß König Ludwig keine Vorteile für sich begehre, sondern lediglich für die Freiheit der polnischen Königswahl, zugunsten des Piasten Stanislaus gegen den von Rußland und Österreich unterstützten sächsischen Kurfürsten die Waffen erhebe. Die überraschende Schwenkung der französischen Politik, der Sonderfriede von 1735, berührte den Kronprinzen von Preußen um so peinlicher, als er selbst an die Schilderhebung Frankreichs gegen Österreich politische Entwürfe angeknüpft hatte. Die schwere Erkrankung Friedrich Wilhelms I. im Herbst 1734, gegen das Ende des ersten Feldzugs, ließ wenig Hoffnung für das Leben des Königs; der zweiundzwanzig-

[1] Friedrich an Voltaire, 26. Juni 1739: »Ce que je médite contre le machiavélisme est proprement une suite de la Henriade. C'est sur les grands sentiments de Henri IV que je forge la foudre qui écrasera César Borgia.«

jährige Thronerbe mußte sich die Frage vorlegen, wie er, während dieses Krieges zur Nachfolge berufen, seine Stellung zu den kriegführenden Mächten wählen wolle. Er näherte sich dem bei seinem Vater beglaubigten französischen Gesandten mit der gewichtigen Andeutung, daß er den Franzosen ein Bundesgenosse werden könne wie einst Gustav Adolf, vorausgesetzt daß man ihn seinen Vorteil finden lassen wolle. Die Genesung des Königs ließ für politische Erörterungen dieser Art keinen Raum, aber als im folgenden Herbst Frankreich jenen Sonderfrieden schloß, durfte der Kronprinz sich dazu beglückwünschen, jetzt nicht zu den Verbündeten zu zählen, denen die selbstherrliche, rücksichtslose Großmacht das Nachsehen gelassen hatte. Er bezeichnete damals in einem vertraulichen Brief an einen der Staatsmänner seines Vaters, den General Grumbkow, diesen Friedensschluß des Kardinals Fleury als eine Probe der feinsten Hinterlist, zu der je ein Minister gegriffen habe; denn Frankreich habe seine Erklärung zugunsten der polnischen Wahlfreiheit nur als Deckmantel für seine Umtriebe und seine unersättliche Vergrößerungsgier benutzt. Er blieb dabei, den Frieden von 1735 einen schimpflichen zu nennen, der den Franzosen bei den spätesten Geschlechtern schaden werde. Er eiferte sich in die Stimmung hinein, aus welcher der Antimacchiavell erwachsen ist; er schalt das ganze Getriebe der Politik jener Tage mit seinen Listen und Ränken ein kindisches Spiel, in welchem der gewinne, der am feinsten täusche. Der Kardinal Fleury aber hieß ihm seitdem der Macchiavell in der Kutte, der Macchiavell in der Mitra, der geweihte Macchiavell, der »dem Himmel dient und die Welt betrügt[1]«.

Diesem Staatsmanne also, der ihm als der Typus des falschen Freundes und unzuverlässigen Verbündeten galt, sah der junge Fürst sich gegenübergestellt, als er am 31. Mai 1740 den preußischen Thron bestieg. »Wer wird sich künftig diesen Leuten anvertrauen dürfen!«, so hatte er vor fünf Jahren empört ausgerufen. Jetzt sah er sich von eben diesen Franzosen umworben. Man versteht, daß er nur zögernd die ihm zum Bündnis dargebotene Hand ergriff und schnell sie wieder losließ. Ohne einen Verbündeten in den Kampf gegen Österreich eingetreten, wäre er doch bereit gewesen, an Österreichs und Englands Seite seine Waffen gegen Frankreich zu kehren, wenn ihm unter englischer Vermittelung Niederschlesien abgetreten worden

[1] Man findet die einschlägigen Äußerungen nachgewiesen in »Friedrich der Große als Kronprinz« S. 264 (2. Aufl.). In dem jetzt für das Geheime Staatsarchiv erworbenen Brief Friedrichs an Voltaire vom 6. Juni 1740 finden sich die Worte »le vieux Machiavel mitré« dick mit Tinte überzogen, offenbar durch den Empfänger, der nicht darauf verzichten wollte, den Brief herumzuzeigen, aber nicht wünschen konnte, daß Fleury erfuhr, wie er und seine Staatskunst in diesem Briefwechsel gekennzeichnet wurden.

wäre; noch nach der ersten Schlacht kam er auf diesen Vorschlag zurück. Die starr ablehnende Haltung des Wiener Hofes veranlaßte dann den König von Preußen, sich auf die entgegengesetzte Seite zu stellen. Aber noch kurz vor Unterzeichnung des preußisch-französischen Bündnisses vom 5. Juni 1741 sagte er zu dem französischen Gesandten im Rückblick auf den Frieden 1735: »Mein Freund, ich habe immer den König von Sardinien vor Augen, dem Frankreich Mailand versprochen hatte, und der nichts bekommen hat.«

Er war entschlossen, sich nicht in derselben Weise betrügen zu lassen. »Ungläubig, ungläubig, das sei Euer Wahlspruch!« schärft er bei Beginn des Krieges einem seiner Gesandten ein, und »trompez les trompeurs« lautet aus dem Feldlager sein lakonisches Marginal auf einen Bericht des Auswärtigen Amtes. »Dupons les plutôt que d'être dupe« lesen wir als eigenhändigen Zusatz unter einer diplomatischen Instruktion eben aus diesen Tagen vor der militärischen und politischen Entscheidung[1]. Sich nicht überlisten zu lassen, ist für den jungen König geradezu ein Ehrenpunkt. Während der Verhandlungen von 1741 mit dem britischen Kabinett schreibt er an seinen Minister Podewils über den König von England: »Der Cäpten« — so nennt er Georg II. — »glaubt uns hinter das Licht zu führen, als Westfale, das heißt mit aller denkbaren Plumpheit; ich, der ich mich schämen würde, von einem Italiener genarrt zu werden, ich würde mich selbst dementieren, wenn ich das Spielzeug in der Hand eines Mannes aus Hannover würde«.

In dem Briefwechsel mit Voltaire aus den Tagen des Ersten Schlesischen Kriegs knüpft der Verfasser des Antimacchiavell an die Ideengänge dieser seiner Streitschrift unmittelbar an. »Ich habe augenblicklich mit etwa zwanzig, mehr oder weniger gefährlichen Macchiavellen zu argumentieren« schreibt er am 8. Januar 1742. In kühner Zusammenstellung, die er sich als Souverän erlauben darf, setzt er hinzu: »Ich stelle mir vor, daß Gott die Esel, die dorischen Säulen und die Könige geschaffen hat, um die Lasten dieser Welt zu tragen; die liebenswürdige Poesie steht vor der Tür, ohne Audienz zu erhalten. Der eine spricht nur von Grenzen, der andre von Rechten, noch ein andrer von Indemnisation; wieder einer von Hilfstruppen, von Ehekontrakten, von Schuldenabtragung, von Intrigen, von Empfehlungen, von Dispositionen. Man verkündet, daß Ihr etwas getan, woran Ihr niemals gedacht habt; man vermutet, daß Ihr ein

---

[1] In diesen Zusammenhang gehört auch der von den Österreichern aufgefangene, oft zitierte Brief vom 12. Mai 1741; Politische Korrespondenz Friedrichs des Großen 1, 244.

Ereignis übel aufnehmen werdet, worüber Ihr Euch freut; man schreibt aus Mexiko, daß Ihr den und den angreifen wollt, den Ihr doch zu schonen interessiert seid; man zieht Euch ins Lächerliche; man kritisiert Euch, ein Zeitungsschreiber verfaßt eine Satire auf Euch, die Nachbarn zerfleischen Euch; ein jeder wünscht Euch zum Teufel und überhäuft Euch dabei mit Freundschaftsbeteuerungen — das ist die Welt.« Der nächste Brief, aus dem Hauptquartier zu Olmütz vom 3. Februar 1742, spinnt diesen Faden weiter: »Die Hinterlist (supercherie), die Unzuverlässigkeit und die Doppelzüngigkeit sind unglücklicherweise der vorherrschende Charakter der meisten der Leute, die an der Spitze der Nationen stehen und die ihnen zum Beispiel dienen sollten. Es ist eine gar demütigende Sache um das Studium des menschlichen Herzens bei solchen Anlässen.«

Aus Voltaires Antworten erklingt ein durch leise, behutsame Kritik gedämpftes Echo dieser Klagen und Anklagen. Voltaire spricht die Befürchtung aus, daß der König auf diesem Wege zu allzu starker Menschenverachtung gelangen wird: »Eure Majestät malt so trefflich die edlen Schelmenstreiche der Politiker, die eigennützigen Bemühungen der Höflinge, daß Sie damit enden wird, an der Zuneigung der Menschen jeglicher Art irre zu werden.« Und indem er in verständnisvollen Versen die Schwierigkeiten der Aufgabe des Staatsmannes anerkennt, deutet er doch zugleich an, daß sein Held mit diesen Schwierigkeiten bei glücklichem Anpassungsvermögen sich abzufinden weiß. Die Gloire und die Politik, so ruft er ihm zu, seien die Tyrannen, denen er jetzt diente:

La Politique à son côté
Moins éblouissante, aussi forte,
Méditant, rédigeant ou rompant un traité,
Vient mesurer vos pas que cette Gloire emporte.
L'Intérêt, la Fidélité
Quelquefois s'unissant, et trop souvent contraires,
Des amis dangereux, de secrets adversaires,
Chaque jour des desseins et des dangers nouveaux,
Tout écouter, tout voir, et tout faire à propos,
Payer les uns en espérance,
Les autres en raisons, quelques-uns en bons mots;
Aux peuples subjugués faire aimer sa puissance,
Que d'embarras! que de travaux!
Régner n'est pas un sort aussi doux qu'on le pense;
Qu'il en coûte d'être un héros.

In einem anderen dieser an den König von Preußen gerichteten, halb prosaischen und halb gereimten Briefe erteilt Voltaire den andern Diplomaten einfach den Rat, es mit diesem Meister der Kunst lieber nicht aufzunehmen:

Ministres cauteleux, ou pressants ou jaloux,
Laissez-là tout votre art, il en sait plus que vous.
Il sait quel intérêt fait pencher la balance,
Quel traité, quel ami convient à sa puissance,
Et toujours agissant, toujours pensant en roi,
Par la plume et l'épée il sait donner la loi.

Der Kronprinz Friedrich hatte seine Streitschrift gegen Macchiavell unter dem Eindruck der ersten europäischen Haupt- und Staatsaktion, der er zugeschaut hatte, schnell niedergeschrieben, in starker, überzeugter Ergriffenheit, in einer Art Enthusiasmus[1]. Er hatte die Feder angesetzt, ohne zureichende Kenntnis weder der Zustände und Erfahrungen, aus denen einst Macchiavell seine Ratschläge ableitete, noch der Bedingungen, Hemmnisse und Fährlichkeiten des politischen Handelns überhaupt. Die Zustimmung zur Drucklegung dieser improvisierten Kritik hatte Voltaire, dem die Handschrift zunächst nur zur persönlichen Einsicht übersandt wurde, dem Verfasser abgeschmeichelt. Als darüber der Regierungsantritt kam, wollte der nunmehrige König sein Imprimatur zurückziehen und die ganze Auflage des in Holland schon zur Hälfte abgesetzten Werkes aufkaufen, ohne doch, als der den Druck vermittelnde Voltaire Einwände erhob, ein bindendes Verbot auszusprechen. Denn offenbar war inmitten ganz neuer Interessen, im Drange der Regierungsaufgaben, diese Frucht seiner Rheinsberger Muße aus seinem Gesichtskreis schon herausgetreten, und er hoffte vielleicht, das Geheimnis des anonym erscheinenden Traktats gewahrt zu sehen. Es konnte nicht ausbleiben, daß seine Gegner aus dem Arsenal des Antimacchiavell alsbald Waffen gegen den Verfasser entnahmen und den Theoretiker gegen den Praktiker auszuspielen versuchten. Als wenige Wochen nach dem Antimacchiavell die Deduktion der preußischen Ansprüche auf Schlesien im Druck erschien, bemerkte eine österreichische Gegenschrift aus der spitzigen Feder des Freiherrn von Bartenstein ironisch: »Der Urheber der Deduktion hätte vielleicht in dem Macchiavello, welchen Herr Voltaire mit Anmerkungen, die aber nicht die seinigen sind, herausgegeben hat, nähere und eigentlichere Beweistümer für seine

[1] Stärker noch als im Antimacchiavell äußert sich dieser Enthusiasmus in der langen Ode, die Friedrich am 9. September 1739 anläßlich der Greuel des damaligen Türkenkrieges an Voltaire sandte (Œuvres des Frédéric le Grand 1, 316; in der demnächst vorzulegenden neuen Ausgabe des Briefwechsels mit Voltaire 1 295): eine flammende Philippika gegen die Politik des Ehrgeizes, mit der Beschwörung

Monarques malheureux, ce sont vos mains fatales
Qui nourrissent les feux de ces embrasements;
La Haine, l'Intérêt, déïtés infernales,
Précipitent vos pas dans ces égarements.

Sache gefunden.« Und als am 11. Juni 1742 FRIEDRICH II. zu Breslau seinen Frieden mit MARIA THERESIA geschlossen und das Bündnis mit Frankreich verlassen hatte, schrieb der französische Marschall BELLE-ISLE, daß der König von Preußen MACCHIAVELL in seinen politischen Grundsätzen zum Führer gewählt habe.

BELLE-ISLE hat in eben der für den König von Frankreich bestimmten Denkschrift[1], in der sich dieses Urteil findet, einen wesentlichen Faktor in dem Zersetzungsprozeß des preußisch-französischen Bündnisses selber scharf hervorgehoben: die Langsamkeit und die Fehler der Kriegführung auf seiten der Verbündeten Preußens — die alte und ewig neue Ursache des Mißerfolgs und der Auflösung der Koalitionen. Die militärischen Leistungen der einen Partei entsprachen nicht dem, was die andre erwartete und was ihr versprochen war. Wenn man nicht alles erfülle, was man verheiße, so hatte der König von Preußen bald nach Unterzeichnung des Bündnisses dem französischen Gesandten in erregter Rede erklärt, so könne man sich auf ihn nicht mehr verlassen, als auf das Laub im November. Er hatte mit dürren Worten hinzugesetzt: Ein langer Krieg kann mir nicht zusagen. Darin lag der Schlüssel seines Handelns. Zwischen den politischen Ansprüchen und Bestrebungen der Franzosen und ihren militärischen Leistungen bestand ein Mißverhältnis. Argwöhnte der preußische König auf der einen Seite, daß sie den Koalitionskrieg gegen die bisherige Vormacht des Reiches benutzen wollten, um in Deutschland die französische Schutzherrschaft über eine Anzahl »Kleinkönige« (reguli)[2], über eine lose Gemeinschaft ungefähr gleich starker Mittelstaaten, aufzurichten, so überwog doch bei ihm angesichts jener schlaffen und wirkungslosen Kriegführung die Besorgnis, daß er in dem allgemeinen Schiffbruch der Koalition seinen bereits gesicherten, mit den eignen Waffen erstrittenen Gewinn wieder verlieren könne. In solchen Erwägungen hat er unter Benutzung britischer Dienstwilligkeit die Fühlung mit dem Wiener Hofe nie ganz aufgegeben. Die Ende April 1742 ihm zugehende Meldung seines Vertreters am Hof des neuerwählten Wittelsbachischen Kaisers, daß ein französischer Agent FARGIS seit vier bis fünf Wochen wegen des Friedens in Wien verhandle, ließ ihn in jenem Augenblick den Vorsatz aussprechen, um jeden Preis den Franzosen zuvorzukommen[3]. Doch bedurfte es noch des Sieges von Chotusitz, um die Abneigung MARIA THERESIAS gegen einen Frieden mit dem Verlust von Schlesien zu überwinden.

[1] 20. Januar 1743; bei BROGLIE, Frédéric II et Marie-Thérèse 2, 396.
[2] Politische Korrespondenz Friedrichs des Großen 2, 13.
[3] Ebenda 2, 142. Zur Sache vgl. meine Darstellung »König Friedrich der Große« 1, 180 (3. Aufl.).

Der Kardinal Fleury hat immer beteuert, daß die Nachricht von der Sendung jenes Fargis nach Wien des Grundes entbehre, auf einem Mißverständnis beruhe, und wir werden in der Tat anzunehmen haben, daß Fargis eine mythische Gestalt und kein historisches Seitenstück zu dem Fürsten von Wied gewesen ist, durch dessen geheimnisvolle Vermittlertätigkeit Flaury im Jahre 1735 seinen Sonderfrieden mit Wien geschlossen hat. Der König von Preußen hatte an seinem Teile alle Veranlassung, mit der durch einen seiner diplomatischen Berichterstatter ihm zugehenden so weittragenden Meldung politisch zu rechnen. Immerhin ist diese Meldung für seinen Friedensschluß nur ein Grund unter vielen gewesen und nicht der entscheidende geblieben; daß er diesen Grund bei Abwehr der ungünstigen Beurteilungen, die der Breslauer Friede fand, in das Vordertreffen führte, war unter dem publizistischen Gesichtspunkt das Gegebene.

In unsrer Ode über die unbilligen Urteile des Publikums, denen die Staatslenker ausgesetzt sind, wird die Unzuverlässigkeit der französischen Politik einseitig und ausschließlich als Beweggrund für den Friedensschluß hingestellt[1]. Nach der strategischen Regel, die Friedrich seinen Generalen oft eingeschärft hat, daß die stärkste Form der Defensive die Offensive sei, hat der Verfasser der Ode seinem alten tiefgewurzelten Mißtrauen gegen den Kardinal Fleury noch einmal lebhaften Ausdruck gegeben. Um so mehr, als eben jetzt Voltaire den Leiter der französischen Politik als den Mann des Schicksals angesungen hatte. Denn Voltaires Ode auf den Krieg von 1741, durch die der König von Preußen unmittelbar zu seiner poetischen Behandlung desselben Gegenstandes veranlaßt wurde, richtet sich nicht nur »an die Königin von Ungarn, Maria Theresia von Österreich«, wie die Überschrift besagt, sondern ebenso oder noch mehr an den Kardinal Fleury. Nur in den beiden ersten Strophen wird Maria Theresia angeredet, die Tochter

---

[1] In dem eigenhändigen Schreiben an den Kardinal Fleury vom 12. September, das sich mit der Ode in der apologetischen Tendenz berührt, erwähnt König Friedrich die angebliche Verhandlung von Fargis nicht, sondern sagt: »Je veux ne point croire des choses à demi prouvées, je veux même tâcher de me persuader que je me suis abusé sur bien des choses.« Dagegen enthält der Brief nach andrer Richtung eine scharfe Spitze. Fleury hatte in einem Schreiben an den österreichischen Feldmarschall Graf Königsegg vom 11. Juli 1742, das zur Anbahnung von Friedensverhandlungen bestimmt war, über die Einflüsse geklagt, durch die er bestimmt worden sei »à entrer dans une ligue qui était si contraire à mon goût et à mes principes«. Dieser Brief war durch den österreichischen Gesandten im Haag alsbald in die Presse gebracht worden. Auf die angeführte Stelle bezieht sich in jenem Schreiben des Königs von Preußen an Fleury die schneidende Frage: »et, en un mot, peut-on m'accuser d'avoir si grand tort de me tirer d'une alliance que celui qui gouverne la France avoue d'avoir contractée à regret?« Politische Korrespondenz 2, 270. Preußische Staatsschriften aus der Regierungszeit Friedrichs II., 1, 331ff.

der Helden, die dem Deutschen Reich Herren waren, die hochherzige Prinzessin, die der Achtung aller ihrer Feinde sich erfreut und die der Franzose (»dont le goût de la gloire est le seul goût durable«) bekämpft und bewundert, anbetet und bedrängt. Voltaires Ode enthält des weiteren das Verdammungsurteil über den Krieg der Koalition gegen diese Fürstin: das stolze Deutschland ist durch befremdliche Bande, wider seinen Willen, an das französische Reich geknüpft und gibt in diesem Zustand für ganz Europa einen Gegenstand des Bedauerns ab; der lange Kampf zwischen Deutschland und Frankreich war hundertmal weniger grausam als jetzt ihre traurige Freundschaft. Könige, die Wohltäter heißen wollen, geben den Befehl zur Verheerung aus, künden die Ruhe an und entfesseln den Sturm; sie vermeinen die zitternden Völker zum Glück zu führen auf den blutigen Pfaden des Unheils. Darum wird Fleury aufgefordert, mit seiner allgeachteten Hand die blutbefleckte Pforte des Janustempels zu schließen. Fleury, der verehrungswürdige Greis, dem das Geschick die Jahre des glücklichen Nestors zuteilte, der Weise, den nichts beunruhigt und nichts überrascht, er soll die Welt des tiefen Friedens, der seine eigne Seele erfüllt, nicht berauben. Und endlich werden die Künste, die Töchter des Himmels, des Friedens und der Grazien, gepriesen, die Künste, deren Fortschritte das Pfand der Unsterblichkeit sind, während alle jene Staatsverträge, die gebrochen werden und das Gemetzel nach sich ziehen, jene gepriesenen, aber eitlen Eintagstriumphe vergehen und in die Nacht des Grabs sinken.

Voltaire mußte sich sagen, daß diese seine Ode in mehr als einer Beziehung seinem erlauchten Gönner, dem preußischen Könige, nicht gefallen würde. Es galt also, eine unbefangene Miene anzunehmen. Der Abschluß des preußischen Friedens mit Österreich bietet eine Anknüpfung, eröffnet dem findigen Poeten eine Hintertür. Der Augenblick ist günstig, dem König diese flammende Deklamation gegen den Krieg, ehe sie ihm von dritter Hand zugetragen wird, zu überreichen. »Hier eine Ode,« schreibt ihm Voltaire Anfang Juli, »die ich gegen Euch Monarchen hinkritzelte, die Ihr damals darauf versessen schient, meine Mitbrüder, die Menschen, zu vernichten. Der Herr der Nationen[1], Friedrich der Große, hat meine Wünsche erhört, und kaum war meine Ode, gut oder schlecht, gemacht, als ich erfuhr, daß Eure Majestät einen sehr guten Vertrag gemacht hat.« Voltaire scheint geglaubt zu haben, daß mit dieser kühnen Wendung seine Ode hinreichend sicher eingeführt sei; denn

[1] Die Ausgaben haben die blutige Lesart »le saigneur des nations«. Das Original des Briefes ist nicht erhalten.

er wagte bereits, dieser Entschuldigung zwischen den Zeilen sofort, wieder zwischen den Zeilen, eine Anschuldigung folgen zu lassen: »Ein sehr guter Vertrag. Sehr gut für Sie ohne Zweifel; denn Eure Majestät hat Ihren tugendhaften Geist geschult, auch sehr politisch zu sein. Aber ob dieser Vertrag gut für uns Franzosen ist, darüber zweifelt man in Paris. Die eine Hälfte schreit, daß Ihr unsre Leute dem Belieben des Waffengottes preisgebt, die andre Hälfte schreit auch, und weiß nicht, worum es sich handelt; ein Paar Abbés von Saint-Pierre[1] segnen Euch inmitten der Schreierei. Ich bin einer dieser Philosophen, ich glaube, daß Sie alle Mächte zwingen werden, Frieden zu schließen, und daß der Held des Jahrhunderts der Friedenspender für Deutschland und Europa sein wird. Ich schätze, daß Sie an Schnelligkeit übertrumpft haben — und nun zitiert Voltaire sich selbst, seine zu Fleurys Ruhme angestimmte Ode —:

Ce vieillard vénérable à qui les destinées
Ont de l'heureux Nestor accordé les années.

Achill ist geschickter gewesen als Nestor; glückliche Geschicklichkeit, wenn sie zum Glück der Welt beiträgt.«

König Friedrich also blieb die Antwort auf diese Ode und diesen Begleitbrief keinen Augenblick schuldig. »Mein lieber Voltaire,« schreibt er am 25. Juli 1742, »ich bezahle Sie nach Art der großen Herren, d. h. ich gebe Ihnen eine sehr schlechte Ode für die gute, die Sie mir geschickt haben, und noch mehr, ich verdamme Sie dazu, sie zu korrigieren, um sie besser zu machen ... Die Königin von Ungarn ist höchst glücklich, einen Sachwalter gefunden zu haben, der sich so trefflich wie Sie auf die Spitzfindigkeit und die Verführungskünste der Sprache versteht. Ich beglückwünsche mich, daß unsre Händel nicht vor Gericht geschlichtet werden; denn in Anbetracht Ihrer Gesinnungen für diese Königin und in Anbetracht Ihrer Talente hätte ich gegen Apoll und Venus nicht stichhalten können.«

Der königliche Dichter läßt seine poetische Gegenrede einsetzen mit einem kräftigen Quousque tandem[2]:

---

[1] Auch der Abbé von Tiron, Castel de Saint-Pierre, der Verfasser des »Projet pour rendre la paix perpétuelle en Europe« von 1712, hatte gegen Friedrich geschrieben. Vgl. J. G. Droysen, Über die Schrift Anti-Saint-Pierre und ihren Verfasser; Monatsbericht der K. Akademie vom August 1878.

[2] Dites, jusques à quand votre lyre immortelle
Pour les Autrichiens se profanera-t-elle?

Die Mitteilung des französischen Textes muß der in den »Publikationen aus den preußischen Staatsarchiven« (Leipzig, S. Hirzel) demnächst erscheinenden neuen Ausgabe des

Wie lange noch, sag' an, wird sich die Leier dein,
Der Ewigkeit geweiht, für Österreich entweihn?
Sag' an, welch falscher Gott ergriff dich statt des wahren?
Als Kämpe frohndest du der Tochter der Cäsaren!
    Ward denn in diesem Rausche
    Die Liebe dir zum Tausche,
  Als die Vernunft dahingefahren?

Von Voltaire, dem Lobredner der Königin von Ungarn, geht die Ode unvermittelt über auf die Verbreiter trüber Kunde und die Münzer schiefer Urteile, die Journalisten. Die Presse hatte während des Ersten Schlesischen Krieges da, wo sie zu jenen Zeiten bereits größere Bewegungsfreiheit besaß, d. h. in Holland, England und in einzelnen deutschen Reichsstädten, gegen Preußen überwiegend eine feindselige Haltung eingenommen und sich für die Verbreitung von Nachrichten, Urteilen und Stimmungen der offiziösen Preßpropaganda der gegnerischen Kabinette zur Verfügung gestellt. König Friedrich ist in jüngeren Jahren gegen die seinem Staate, seinem Heere und ihm persönlich geltenden Preßangriffe keineswegs unempfindlich gewesen bis er zu der Losung »Niediger hängen«, zu seinem stolzen »Il faut mépriser cela« gelangte[1]; er hat noch im Siebenjährigen Krieg einen Discours sur les satiriques und einen Discours sur les libelles als anonyme Antworten auf öffentliche Verunglimpfungen, die er nicht ohne Grund als bestellte Arbeit betrachtete, drucken lassen. Auf den gleichen Ton wie diese späteren Prosaschriften[2] ist unsere Ode gestimmt:

»Briefwechsels zwischen Friedrich dem Großen und Voltaire« vorbehalten bleiben. Die oben gebotene Verdeutschung in den Maßen des Originals glaubt in möglichster Anlehnung an den Wortlaut den Sinn getreu wieder zu geben.

[1] Dem Herausgeber der französichen Gazette de Cologne hat manim Jahre 1741 durch Vermittlung eines handfesten Kölners eine empfindliche körperliche Züchtigung zuteil werden lassen, von der König Friedrich nachmals (1780) an der Tafelrunde zu Sanssouci erzählt hat, er betrachte sie als einen Ausfluß seines jugendlichen Feuers, habe aber zeigen wollen, daß der König von Preußen lange Arme habe; vgl. J. G. Droysen in der Zeitschrift für preußische Geschichte 13, S. 9—11, und Gespräche Friedrichs des Großen mit H. de Catt und dem Marchese Lucchesini (1885) S. 269. In Friedrichs Discours sur les libelles von 1759 wird einem Libellisten der wohlmeinende Rat erteilt: »A votre place je craindrais ces hommes puissants qui ont les bras si longs«. Œuvres de Frédéric le Grand 9, 57.

[2] In dem Discours sur les libelles sagt der Verfasser von den Libellisten: »Ils trafiquent de ces injures, et il les distribuent au gré des protecteurs qui savent reconnaître leurs services«; er läßt einen von diesen Leuten bekennen: »J'ai des correspondances secrètes à plus d'une cour, et je tiens à quantité de seigneurs qui me craignent et me recherchent; je me suis fait un empire par mon industrie, je domine sans État, et je règne despotiquement sans puissance .... Ce qui me rend redoutable, c'est que je suis le précepteur du public; je dirige ce que je veux qu'il pense.«

Hört ihr den feilen Schwarm? Gewinnsucht läßt sie schreien.
Schamlose Schwätzer sind's, der Lüge Papageien [1].
Dies Hohepriestertum, bestellt von Mammons Gnaden,
Verpestet alle Welt mit seinen Opferfladen.
Und alle Winde eilen,
Die Düfte zu verteilen,
Mit Lug und Fabeln schwer beladen.

Der Aufnahme dieser Botschaft, der Entstehung einer öffentlichen Meinung und ihren Schwankungen gilt die nächste Strophe:

Der Pöbel hängt am Schein. Leichtfertig allezeit,
Schwimmt er im breiten Strom der Oberflächlichkeit [2].
Im Spiel der Leidenschaft läßt er dahin sich treiben
Und wird sich allemal dem Überschwang verschreiben.
Was gestern hat gegolten,
Wird heute schon gescholten —
Der Tadel aber wird dir bleiben.

Von der urteilslosen und zum Urteil nicht berufenen Menge beruft sich der Dichter auf die Wissenden, auf die großen Staatsmänner des vorangegangenen Jahrhunderts:

Ich ruf' Euch, Richelieu! Don Haro! große Seelen!
Hellt auf, was Nacht und Graun bedecken und verhehlen.
Laßt dringen unsern Blick bis in die Herzensfalten
Der Männer, welche heut an Eurer Stelle walten.
Laßt unser Auge schauen,
Was Eure Jünger brauen
Und was sie tief verborgen halten.

Die Entlarvung des Verbrechens erfolgt zunächst nur allegorisch, ohne daß der Mann des Trugs, der Fourbe politique, mit Namen genannt wird:

Schon hat den Mann des Trugs mit ihrer sichern Hand
Die Wahrheit zum Gericht aus Nacht hervorgebannt.
Wie täuschte uns das Bild, das sich von außen bot!
Wer unterdrückt erschien, erweist sich als Despot;
Entlarvt wird der Verbrecher,
Der eben noch mit frecher
Gewalt die Unschuld hat bedroht.

---

[1] »Effrontés babillards, perroquets de mensonge.« Ähnlich in dem Begleitbriefe zu der Ode: »Je m'embarrasse très peu des cris des Parisiens, ce sont des frelons qui bourdonnent toujours; leurs brocards sont comme les injures des perroquets et leurs jugements aussi graves que les décisions d'un sapajou sur des matières métaphysiques.«

[2] Zu den Versen »Le vulgaire léger nage toute sa vie sur la frêle apparence ou la superficie« ist die Stelle im »Discours sur les libelles« zu vergleichen: »Si le peuple était sensé, on pourrait se rire des libelles, quels qu'ils fussent; mais ces indignes écrits sont un mal réel, parce que le monde peu instruit, enclin à croire le mal plutôt que le bien, reçoit avidement de mauvaises impressions, qu'il est difficile de déraciner.« Die Parallelstellen würden sich häufen lassen.

Jetzt wird die Mythologie aufgeboten, um die Handlung aus der Allegorie in das Leben, in die Gegenwart hinüberzuführen. Noch im Angesicht des Olymp wird l'Étendard prussien aufgepflanzt:

Doch horch! Wer ruft mir zu? Ich höre Pallas' Stimme:
»Belehre, kläre auf sie alle, die die schlimme
»Verleumdung hat berückt. Den Trug gilt's aufzudecken.
»Das Preußenbanner will die Hölle Dir beflecken.
»Dein Vaterland zu rächen,
»Laß laut die Wahrheit sprechen,
»Laß sie die Lüge niederstrecken.«

Für die in den nächsten fünf Strophen auf Athenas Gebot enthaltene historische Erzählung muß vorausgeschickt werden, daß Friedrich hier von einer Geschichtsauffassung ausgeht, die ihm gleichsam in Fleisch und Blut übergegangen war und die sich allgemein kennzeichnen läßt als der damalige Standpunkt des deutschen Protestantismus und der deutschen Libertät, d. h. des landesfürstlichen Anspruchs auf Selbständigkeit gegenüber dem Ausgreifen der kaiserlichen Machtfülle. Von diesem Standpunkt aus erschien ihm der ganze Verlauf der neueren deutschen Geschichte als ein fortgesetzter Kampf der Reichsstände gegen die Vergewaltigungsversuche der Habsburgischen Kaiser[1]. Nicht nur Karl V. und die Ferdinande, auch seinen älteren Zeitgenossen, den letzten Habsburgischen Kaiser, hat Friedrich solcher tyrannischen Gelüste geziehen, wie er in der Folge gegen seinen jüngeren Zeitgenossen Joseph II. diese Anklage wiederholt hat. Unter diesem Gesichtspunkte erscheint ihm in unsrer Ode der europäische Koalitionskrieg gegen Österreich, der sich neben andern Zwecken den gesetzt hat, den Erben der österreichischen Macht, den Herzog von Lothringen, von dem Kaisertum auszuschließen, als eine bewaffnete Erhebung gegen die österreichischen Anschläge auf tatsächliche Vererblichung der deutschen Wahlkrone. Und somit wird Österreich angerufen und angeklagt:

Du stolzes Österreich, vom Römeraar getragen,
In Eisen möchtest du die armen Deutschen schlagen.
Der Schmied ist schon am Werk, die Sklavenkette droht,
Doch anders ordnet es des Schicksals Machtgebot.
Um Hilfe uns zu schaffen,
Steht eine Welt in Waffen;
Ringsum bist du von Glut umloht.

Nachdem so der weite Hintergrund gezeichnet ist, behandelt die nächste Strophe den besonderen Streit zwischen Österreich und

[1] Vgl. über Friedrichs Anschluß an diese Auffassung meinen in der Akademie vorgetragenen Aufsatz »Brandenburg-Preußen in dem Kampfe zwischen Imperialismus und reichsständischer Libertät«, Historische Zeitschrift 96, 122ff.

Preußen und seine Anlässe. Die preußischen Ansprüche auf Schlesien, die Unterdrückung der schlesischen Protestanten durch die österreichische Landesherrschaft, die von Friedrich oft hervorgehobene Förderung, die seine Sache durch die freudige Zustimmung dieser evangelischen Schlesier erfahren hat, alles das findet in vier Zeilen von treffsicherer Prägnanz Platz:

Ein altes Erbe war an dein Gebiet gebunden,
Der Väter Schwäche einst durch Übermacht entwunden,
Dein Zepter drückte hart das mir selbeigne Land.
Jedoch der Unschuld Recht lieh Stärke meiner Hand:
Für Ungarns Königin
Fuhr Schlesien dahin
In zweier harten Schlachten Brand.

Und jetzt erst wird uns die Gestalt vorgeführt, gegen welche die Ode ihre Spitze richtet, der neunundachtzigjährige Kardinal Fleury:

Im alten Königsbau, des Louvre Prachtpalast,
Trägt Frankreichs Atlas stark des großen Reiches Last.
Unsterblich ist sein Leib, die Seele göttlich-hell,
Dank Isis und Apoll und dank Macchiavell.
Mit gleißender Gebärde
Täuscht Himmel er und Erde,
Der Falschheit unergründ'ter Quell.

Es folgt die dem Verfasser der Ode stets gegenwärtige Erinnerung an Fleurys Untreue gegen die Verbündeten von 1735; aus ihrer Zahl wird hier nur der König von Spanien, ein König für drei, genannt, dessen damaliges Schicksal Fleury jetzt dem Wittelsbachischen Kaiser, für dessen Kur und Krone der Waffenbund zusammengetreten ist, bereiten zu wollen scheint:

Des Bunds Gefährten hält er hundertfach umsponnen,
Lohn lockt und Ehrgeiz sie; der Sieg scheint ihm gewonnen,
Europa sieht er schon im Bann der Dienstbarkeit.
Da wendet sich das Glück, und schnell ist er bereit,
Wie Spanien noch eben,
So heute preiszugeben
Des Kaisers Thron im Waffenstreit.

Noch einmal, auf dem Höhepunkt der Handlung, führt der Dichter sich selber redend ein:

Ich sah voraus! Und eh' der Blitzstrahl niederfuhr,
Begegn' ich dem Verrat auf seiner finstern Spur.
Auf Fargis dort in Wien[1] kann zum Beweis ich zeigen —
Ich scheid' aus Fleurys Bund und aus dem blut'gen Reigen;
Im Kampf um die Beute
Laß ich die grimme Meute,
Mir ward des Friedens Los zu eigen.

[1] Im Original hat der König zu »Fargis à Vienne« die Anmerkung gegeben: »De Fargis, furet politique dont le Cardinal s'est servi à Vienne.«

Dann wird der Grundgedanke der Ode, die Abwehr der unbilligen Urteile über die mit dem unglücklichen Beruf des Staatsmannes betrauten Personen, wiederaufgenommen und in melancholischer Klage zusammengefaßt:

Triebfedern spielten hier, profanem Blick verhüllt,
Chimären wirr und wild, Entwürfe trugerfüllt.
Ihr armen Sterblichen! Als dieser Erde Götter
In Anbetung verehrt, und doch das Ziel der Spötter!
Den Lästerzungen allen
Als Opfer heimgefallen,
Harrt Ihr umsonst auf einen Retter.

Eine Schlußstrophe kehrt, wie es dem 18. Jahrhundert geläufig ist, zur Mythologie zurück. Das Beispiel Phaethons mag uns warnen vor allzu hohem Flug der Entwürfe. Die Strophe fällt aus der Tendenz des Ganzen heraus, aber sie entspricht Stimmungen und Erwägungen, die für den Augenblick bezeichnend waren und für das Gesamturteil über den Breslauer Frieden nicht übersehen werden dürfen. Der junge, soeben dreißigjährige Fürst, der siegreiche Führer der unbedingt besten Truppen in Europa, besaß bei starkem Selbstbewußtsein ebenso viel Selbstbeherrschung und übte Selbstkritik. Er besaß die Fähigkeit, im gegebenen Augenblick innezuhalten, die Mäßigung, die dem echten Staatsmann unentbehrlich ist und die das Gegengewicht gegen den dem Wesen der Macht innewohnenden Drang nach immer weiterer Machtentfaltung bilden muß. Er hatte das Augenmaß für das Erreichbare. Wie denn Macchiavell die wahre staatsmännische Größe darin gesehen hat, daß man nur das will, was man kann. Und nicht umsonst hatte Friedrich in seiner Schrift gegen Macchiavell von dem Eroberer aus Notwendigkeit den Eroberer aus Leidenschaft geschieden, als dessen Typus ihm Karl XII. erschien. Mit Karl XII. hatte man den Eroberer Schlesiens bereits vergleichen wollen. Jetzt, im Augenblick der Unterzeichnung des Friedens, schrieb Friedrich aus seinem letzten böhmischen Feldlager an seinen Freund Jordan, er hoffe, daß man ihn nicht mehr für so unsinnig halten werde, wie er im Anfang des Krieges verschrieen worden sei.

In demselben Briefe hat Friedrich auf Grund seiner ersten praktischen Erfahrungen die vielumstrittene, aber im Antimacchiavell von ihm noch nicht gewürdigte Grenze zwischen öffentlicher und privater Moral zu bestimmen versucht. Er will den Stoikern und ihrem Prinzipieneifer antworten, daß für ihre starre Moral vielmehr das Land der Romane als der von uns bewohnte Kontinent sich eigne. Daß es sich bei dem Privatmann nur um seinen individuellen Vorteil handle, der unbedingt dem Wohle der Gesellschaft untergeordnet werden müsse. Bei einem Souverän gelte es den Vorteil einer ganzen

Nation, den zu sichern seine Pflicht sei. So müsse er sich selbst und seine Verpflichtungen opfern, wenn diese dem Wohlergehen seiner Untertanen zu widerstreiten anhöben. Daß auch Privatleute mitunter geneigt seien, nicht nach den Geboten der bürgerlichen Moral, sondern nach den Grundsätzen der verschrieenen Staatsraison zu handeln, darauf hat Friedrich bei Übersendung seiner Ode den Friedensapostel Voltaire mit der Erinnerung geführt: »Sie deklamieren nach Gefallen gegen die, welche ihre Rechte und Ansprüche mit bewaffneter Hand vertreten; aber ich erinnere mich einer Zeit, zu der, wenn Sie ein Heer gehabt hätten, dies unfehlbar gegen die Desfontaines, die Jean-Baptiste Rousseau, die van Duren usw. usw. marschiert wäre.«

Voltaire, mit diesem launigen Winke an seine nicht immer philosophischen Fehden mit literarischen und buchhändlerischen Gegnern erinnert, hat sich begnügt, auf die Ode und den begleitenden Prosatext dem Verfasser zu erwidern, daß diese Ode ein ganz neuer Stoff sei, voll wahrer und hoher Poesie und Philosophie.

Noch ganz im Tone des Antimacchiavell gehalten, noch keine Absage an den Antimacchiavell, bezeichnet die Ode doch schon eine Abkehr von ihm — mit ihrem stillschweigenden Zugeständnis, daß es nicht klüglich, nicht ratsam ist, anders zu handeln als die andern. Diese Nutzanwendung, welche die Ode, die Vorläuferin der historischen Denkwürdigkeiten des Verfassers, dem Leser überläßt, sie macht der König das Jahr darauf in dem Vorwort zu dem ersten Entwurf seiner Memoiren[1] ohne Rückhalt, mit schneidender Schärfe. Das Politische Testament von 1752 hat dann dem vierzehn Jahre früher so hart angelassenen Macchiavell eine Art Genugtuung gegeben: »Macchiavell sagt, daß eine uneigennützige Macht inmitten ehrgeiziger Mächte unfehlbar zugrunde gehen würde; es tut mir sehr leid, aber ich bin genötigt einzugestehen, daß Macchiavell recht hat.« Die »Apologie des Rois« endlich, die ich im Eingang mit unserer Ode zusammenstellte, sagt mit durchsichtiger Beziehung wieder auf Macchiavell, daß man aus den Freveltaten eine Wissenschaft, eine Lehre abgeleitet habe; es folgen dann zwei Verse, die der Verfasser über die Ode von 1742 hätte als Motto setzen können:

---

[1] Nach einer Abschrift aus dem zu Petersburg befindlichen Teile des Voltaireschen Nachlasses mitgeteilt von H. Droysen im Programm des Königstädtischen Gymnasiums zu Berlin von 1904. Der vorangestellte Satz: »Du plus petit État jusqu'au plus grand, l'on peut compter que le principe de s'agrandir est la loi fondamentale du gouvernement« — findet sich ähnlich bereits in den Considérations sur l'état présent du corps politique de l'Europe von 1738: »Le principe permanent des princes est de s'agrandir, autant que leur pouvoir le permet« usw. Œuvres 8, 15.

Die Weisheit selbst begann den Lehren zu entsprechen
Und ward verbrecherisch im Kampf mit den Verbrechen [1].

VOLTAIRE hat sich beim Erscheinen des Antimacchiavell gerühmt, daß allein seinem Rate die Drucklegung dieses einzigen Werkes zu danken sei; er freue sich, daß ein König auf diese Weise, ihm in die Hand, den Eid vor der Welt geleistet habe, gut und gerecht zu sein [2]. Der Philanthrop glaubte dem jungen Herrscher eine Fessel angelegt, den Jünger der Aufklärungsphilosophie auf ihre Staatstheorie und ihren Moralkodex verpflichtet zu haben.

Noch einmal ist ein preußischer Kronprinz bei der Staatstheorie in die Schule gegangen. Wie der Einsiedler von Rheinsberg sich mit jugendlicher Begeisterung unter das Banner der philosophischen Aufklärung stellte, so ist hundert Jahre später der nachmalige König FRIEDRICH WILHELM IV. in den Zauberkreis der Romantik getreten, hat der Predigt HALLERS mit Andacht gelauscht und auf die Worte des Meisters geschworen. Ihr Ideal suchten beide in entgegengesetzter Richtung; die Leidenschaft, mit der sie Partei ergriffen, war die gleiche. Ganz verschieden aber wieder bei dem einen und bei dem andern das Verhältnis, in das ihr Handeln, ihre praktische Politik zu der ihnen anempfohlenen Theorie trat. Dem Monarchen des 19. Jahrhunderts ist die Theorie stets eine Fessel, ein »Gebot« geblieben, und seine dogmatische Gebundenheit durch dieses Gebot ließ ihn zum Nachteile seines Staates auf Waffen verzichten, deren die Nachbarn Preußens sich unbefangen bedienten. Ja, es ist treffend bemerkt worden, daß diesem Könige unter dem Gedankenballast seiner Theorie die Fähigkeit zu einheitlichem Handeln überhaupt verloren gegangen ist [3]. Sein großer Vorgänger hat die Fessel, in die ein VOLTAIRE ihn verstricken wollte, zerrissen wie eine flächserne Schnur. Auf den Irrfahrten über das stürmische Meer der Metaphysik, von denen FRIEDRICH spricht, war er zu der Überzeugung gelangt, daß der Mensch nicht geschaffen sei, zu philosophieren, da ihm die Natur dazu ausreichende Organe nicht verliehen habe, sondern zu handeln; der Philosoph auf dem Throne, mit seiner durchaus reflektierenden Art, hat doch die frische Farbe der Entschließung

---

[1] Œuvres de Frédéric le Grand, 10, 209:

Et de tant de parfaits on fit une science;
Le monde fut peuplé d'illustres scélérats;
Pestes du genre humain et fléaux des États;
La sagesse elle-même adopta ces maximes
Et devint criminelle en combattant les crimes.

[2] VOLTAIRE an den Präsidenten HÉNAULT, 31. Oktober 1740.

[3] FR. MEINECKE, Weltbürgertum und Nationalstaat (1908) S. 248, 249, 262.

nicht verloren, er besaß den Willen und die Kraft, nach dem Wahlspruch aus der Renaissancezeit »resolut zu leben«. Als ein Jugendtraum ihn trog, als das Leben ihn lehrte, daß er nicht hoffen könne, die Welt zu bessern und zu bekehren, war er keinen Augenblick darüber zweifelhaft, daß er die Welt nehmen müsse, wie sie sei, und sich an die Gewohnheit der andern anzupassen habe[1]. Er hielt, was er schon als Kronprinz sich vorgesetzt hatte: jedenfalls solle man ihn daraus nicht anklagen dürfen, seine Interessen fremden Mächten geopfert zu haben[2]. Den sentimentalen Idealismus VOLTAIRES ersetzte FRIEDRICH für sein Handeln durch einen Idealismus härterer Art, durch die unbedingte Unterwerfung seiner Persönlichkeit unter das Gebot des Staatswohls, durch die Betätigung des antiken Wortes, daß das die edelsten Seelen sind, die bei der vollen Empfänglichkeit für den Genuß und bei klarer Vorstellung von bevorstehenden Mühsalen und Opfern sich doch nicht verleiten lassen, der Gefahr aus dem Wege zu gehen.

Mit seinem Friedensschluß von 1742 war der junge König von dem Wege der Gefahr abgelenkt. Aber das Friedenslos, das er am Schlusse seiner Ode preist, war noch nicht verdient. Dem gleichsam spielenden Anfang dieser Regierung mit ihren glänzenden, schnell geborgenen Erfolgen reihten sich die Zeiten schwerster Anfechtung an, die den Nachweis der echten Größe von ihm erst forderten. In seinen jüngst bekannt gewordenen gedankenreichen Betrachtungen über das Wesen historischer Größe hat JAKOB BURCKHARDT neben der »abnormen Leichtigkeit in allen geistigen Funktionen, im Erkennen sowohl wie im Schaffen« als »kenntlichste und notwendigste Ergänzung« des großen Mannes feststellen wollen: »die Seelenstärke, die es allein vermag, im Sturm zu fahren«. »Schicksale von Völkern und Staaten«, sagt der schweizerische Historiker, »Richtungen von ganzen Zivilisationen können davon abhängen, daß ein außerordentlicher Mensch gewisse Seelenspannungen und Anstrengungen in gewissen Zeiten aushalten kann«. Daß FRIEDRICH DER GROSZE dies im Siebenjährigen Krieg »in so supremem Grade« vermocht habe, darin sieht BURCKHARDT alle zeitherige mitteleuropäische Geschichte bedingt[3]. In seiner moralischen Widerstandskraft unter den zermalmenden Schlägen des Schicksals hat FRIEDRICH die härteste Probe der Mannhaftigkeit bestanden und den Satz bewährt, daß es die Kraft des Gemüts ist, die den Sieg erringt.

---

[1] »De pareilles réflexions et bien d'autres mûrement pesées m'ont obligé à me conformer à la coutume des princes« (aus dem ersten Avantpropos zu der Histoire de mon temps).

[2] Publikationen aus den Staatsarchiven 72, 170. (1. Nov. 1737).

[3] J. BURCKHARDT, Weltgeschichtliche Betrachtungen, herausgeg. von ÖRI, S. 236, 237.

Friedrich hat vorausgewußt, daß Größe erst im Unglück voll sich offenbart[1]. Er hat nachmals wehmütig bemerkt, daß das Glück, das die Jugend begleite, oft dem vorgerückten Alter sich versage. Gewiß hatten auf den steilen Höhen, über die sein Lebenspfad führte, von den Begleitern seiner Jugend viele sich verloren, vor allen auch der Frohsinn, der, nach Voltaires artigen Versen, auf Friedrichs schlesischer Kriegsfahrt von 1740 mit auf die Reise gegangen war. Aber nicht alle Begleiter waren untreu geworden. An einer denkwürdigen Stelle in seiner Geschichte des Siebenjährigen Krieges stellt Friedrich sich das Zeugnis aus, daß ihm nur zwei Verbündete geblieben seien, um mit ihrer Hilfe einen ehrenvollen Ausweg zu finden: Mut und Ausdauer. Das Blatt, auf dem diese Worte stehen, ist wohl das stolzeste seiner Geschichtschreibung. Es steht so hoch über dieser gereimten ersten Skizze seines historisch-politischen Rechenschaftsberichts, die ich heute hier mitteilen durfte, wie den jugendfrohen Eroberer von Schlesien der herbe Held des Siebenjährigen Krieges überragt, welcher der Mann des Jahrhunderts geworden war.

Es folgten die Jahresberichte über die wissenschaftlichen Unternehmungen der Akademie sowie über die ihr angegliederten Stiftungen und Institute; für die physikalisch-mathematische Classe gab Hr. Auwers, für die philosophisch-historische Classe Hr. Diels diese Berichte in abgekürzter Form. Die ausführlichen Berichte folgen hier.

Sammlung der griechischen Inschriften.

Bericht des Hrn. von Wilamowitz-Moellendorff.

Die Inschriften von Amorgos (XII 7) sind vollendet und werden in diesen Tagen ausgegeben. Der wissenschaftliche Beamte der Akademie, Freiherr Hiller von Gaertringen, hat das Manuskript endgültig redigiert und zum Drucke gebracht, woran der Verfasser, Hr. Delamarre, durch Krankheit verhindert war. Auch die Indices hat Freiherr Hiller von Gaertringen verfaßt. Der Abschluß ward zu-

---

[1] Ode sur la fermeté (Œuvres 10, 16):

Ce n'est point dans un sort prospère
Que brille un noble caractère,
Dans la foule il est confondu;
Mais si son cœur croît et s'élève
Lorsque le destin se soulève,
C'est l'épreuve de la vertu.

letzt noch dadurch verzögert, daß ein amorginischer Stein mit der längsten Inschrift der Insel in das Athenische Museum kam und von der dortigen Verwaltung mit dankenswerter Zuvorkommenheit uns zur Bearbeitung überlassen ward; die Inschrift erscheint gleichzeitig in der athenischen Ephemeris.

Auch die thessalischen Inschriften (IX 2), bearbeitet von Hrn. O. Kern, sind ausgedruckt; die Indices hat auch hier Freiherr Hiller von Gaertringen übernommen und so weit gefördert, daß der Band um Ostern erscheinen wird.

Hr. Professor Kirchner hat im Sommer die große Aufgabe so gut wie vollendet, die nacheuklidischen attischen Inschriften in Attika aufzunehmen oder zu revidieren. Das würde nicht möglich gewesen sein, wenn nicht das vorgeordnete hohe Ministerium ihm für ein Jahr Urlaub gewährt hätte und sämtliche Behörden und Fachgenossen Griechenlands ihm das größte Entgegenkommen bewiesen hätten. Außer dem Generalinspektor Hrn. Kabbadias, unserem korrespondierenden Mitgliede, müssen wir die Abteilungsdirektoren in dem Zentralmuseum, die HH. Staes und Leonardos, mit besonderer Dankbarkeit hervorheben. Hr. Leonardos, Direktor der Epigraphischen Abteilung, hat in gewissem Sinne geradezu mitgearbeitet. Ein besonderer Glücksfall war es, daß Hr. A. Wilhelm eine Zeitlang sich auch in Athen befand und seine unvergleichliche Kenntnis der attischen Steine bereitwillig Hrn. Kirchner zur Verfügung stellte. Wie das Deutsche, so haben auch alle übrigen archäologischen Institute unser Unternehmen in jeder Weise gefördert, so daß wir nach allen Seiten nur zu danken haben.

Die Insel Chios ist von Hrn. Dr. Jacobsthal mit gutem Erfolge bereist worden, und da ihre Steine sich ohne Heranziehung der benachbarten Küste nicht genügend bearbeiten lassen, hat er auch das Gebiet von Erythrä besucht, wo andauernd wichtige Steine zutage treten, aber im höchsten Grade gefährdet sind. Auch da ist Wichtiges gewonnen worden. Andere Inschriften von Erythrä verdanken wir der freundlichen Fürsorge von Hrn. Direktor Th. Wiegand. Über diese Ergebnisse wird im Laufe des nächsten Jahres berichtet werden. In demselben wird voraussichtlich Hr. Dr. Fredrich den Druck seines Heftes (XII 8) beginnen. Eine Bereisung von Euböa durch Hrn. Dr. Erich Ziebarth erfolgt in diesem Frühjahr. Über den energischen und höchst erfreulichen Fortgang, den die überaus schwierige Sammlung der delischen Inschriften nimmt, haben uns die HH. M. Holleaux und F. Dürrbach, in deren Händen diese Unternehmung der französischen Akademie liegt, in liebenswürdigster Weise immer auf dem laufenden erhalten.

Frau Geheimrat Dittenberger, die Witwe unseres hochverdienten Mitarbeiters, hat unserm Archive eine sehr wertvolle Sammlung von Scheden, namentlich für die nordgriechischen Landschaften, aus dem Nachlasse ihres verewigten Gemahles überwiesen, Hr. W. Hasluck ebenso den Abklatsch einer archaischen Inschrift von Prokonnesos, wie denn überhaupt unser Unternehmen von mehr Seiten Förderung empfängt als wir einzeln aufzählen können. Gewiß läßt sich ein Werk dieser Art, das allen zugute kommen soll, nur durch allgemeine Teilnahme durchführen; aber auf Dankbarkeit hat auch der kleinste Beitrag Anspruch, und wir können versichern, daß er sie findet.

Sammlung der lateinischen Inschriften.

Bericht des Hrn. Hirschfeld.

Auch in diesem Jahre hat Hr. Hülsen die Hauptarbeit auf die Fortführung der Namenindices zu Band VI gerichtet. Der Index cognominum ist fertiggestellt, der Index nominum bis zum Anfang des Buchstabens D ausgearbeitet. An dieser Arbeit beteiligten sich, abgesehen von gelegentlichen Helfern, wiederum Hr. Dr. Aurigemma und nach dessen anderer Verpflichtungen wegen erfolgtem Rücktritt Frl. Dr. Cesano, Privatdozentin an der Universität Rom, ferner zwei Mitglieder der American School, Miß Tanzer und Miß Bruce, die in dankenswerter Weise fast zwei Monate unentgeltlich die Arbeit eifrig gefördert haben. — Die Vorarbeiten für das Auctarium Addendorum sind stetig fortgesetzt worden.

Der Druck des Namenindex zu Band XI mußte aus Mangel an Typen vor längerer Zeit unterbrochen werden, soll aber jetzt, nachdem Hr. Bormann das Verzeichnis der Nomina peregrina, mit dankenswerter Unterstützung von verschiedenen Seiten, insbesondere von Hrn. Wilhelm Schulze, fertiggestellt hat, wieder aufgenommen werden. — Auf wiederholten Reisen in Italien hat der Herausgeber die Additamenta mit Unterstützung früherer Schüler im wesentlichen erledigt und den Index Auctorum erheblich gefördert. Hr. Bormann hofft den Satz der Indices und der Additamenta ohne Verzögerung zu Ende zu führen.

Von Band XIII ist der zweite Faszikel des zweiten Teils erschienen. Er enthält die Inschriften von Germania inferior in der Bearbeitung des Hrn. v. Domaszewski, ferner die Meilensteine von Gallien und Germanien in der Bearbeitung der HH. Mommsen (†), Hirschfeld und v. Domaszewski. Letzterer hat mit Unterstützung des Hrn. Finke in Heidelberg die Addenda zu den Steininschriften von Germanien fertiggestellt, doch wird die Drucklegung derselben erst später er-

folgen können. — Hr. Bohn hat die Sammlung und teilweise Ausarbeitung der Nachträge zu Band XIII, 3 fortgesetzt.

Über die gallisch-germanischen Ziegel berichtet Hr. Steiner, daß von größeren Sammlungen nur noch die in Mainz und Trier, ferner die belgischen und ein Teil der schweizerischen nicht aufgenommen sind. Der Endtermin der Arbeit sei vorläufig noch nicht sicher zu bestimmen, doch sei die Sammlung des massenhaften Materials hinreichend vorgeschritten, um eine erschöpfende Auskunft über die Fundplätze und Aufbewahrungsorte der Ziegel zu ermöglichen. — Die bereits im vorigen Jahre begonnenen Indices sind besonders von Hrn. M. Bang weitergefördert worden.

Von Band XV (Instrumentum der Stadt Rom) hat Hr. Dressel im vergangenen Jahre die lateinischen Broncestempel zum Druck gebracht; für die griechischen wie auch für die umfangreiche Abteilung der Gemmen und Ringe liegt das Manuskript druckfertig vor. — Für die Nachträge sind die Descemetschen Scheden und Durchreibungen ohne großen Ertrag durchgearbeitet worden.

Hr. Lommatzsch hat nach längerer Unterbrechung die Drucklegung der Neubearbeitung der republikanischen Inschriften (I^2) bei den Instrumenta publica wieder aufgenommen und hofft dieselbe jetzt stetig weiterzuführen.

Hr. Mau hat die Nachträge zum IV. Supplementband zum Druck gebracht. Die Indices sind fertiggestellt und der Druckerei übergeben.

Der Druck des von Hrn. Dessau mit Hrn. Cagnat redigierten Supplements der afrikanischen Inschriften ist bis zu Bogen 162 gelangt; die Abteilungen Tripolitana und Byzacena sind ausgedruckt. Die Herausgeber hatten sich nach wie vor der Unterstützung des Hrn. Merlin in Tunis zu erfreuen. Verzögernd wirkten die vielen neuen Funde, die wiederholt nicht nur zur Umarbeitung des Manuskripts, sondern selbst zur Umstoßung des Satzes nötigten. — Hr. Dessau hofft im Jahre 1908 den größten Teil der noch restierenden Masse der afrikanischen Inschriften zum Druck zu bringen.

Das unter Leitung des Hrn. Dessau stehende epigraphische Archiv ist aus der Kgl. Bibliothek nach den provisorischen Räumen der Akademie (Potsdamer Straße 120) überführt worden, wo es wie bisher am Dienstag, 12—2 Uhr, der Benutzung offenstehen wird.

Prosopographie der römischen Kaiserzeit.

Bericht des Hrn. Hirschfeld.

Hr. Klebs ist im abgelaufenen Jahre durch die amtlichen Geschäfte seiner neuen Stellung in Marburg so sehr in Anspruch genommen worden, daß es ihm nicht möglich war, seine Arbeit an

der Prosopographie zum Abschluß zu bringen. Auch Hr. Dessau hat sich darauf beschränken müssen, die ihm übertragenen Beamtenlisten auf dem laufenden zu erhalten und die Nachträge zu dem alphabetischen Teil durch Eintragung der neuen Funde zu vervollständigen.

Index rei militaris imperii Romani.

Bericht des Hrn. Hirschfeld.

Hr. Ritterling hat die Namenliste der römischen Offiziere aus dem Ritterstande weiter vervollständigt. Mit Rücksicht darauf, daß die höheren Offiziere, namentlich im ersten und dritten Jahrhundert, aus dem Centurionenstande hervorgegangen sind, wurde auch eine Namenliste der Centurionen hinzugefügt. Im übrigen konnte die Arbeit infolge längerer Krankheit des Bearbeiters und der nach seiner Rückkehr eingetretenen größeren Inanspruchnahme durch seine Berufstätigkeit wenig gefördert werden.

Aristoteles-Kommentare.

Bericht des Hrn. Diels.

Im abgelaufenen Jahre wurden zwei Bände vollendet: VIII. Simplicius in Categorias, herausgegeben von K. Kalbfleisch, und XXI. 1. Eustratius in Posteriora, bearbeitet von M. Hayduck. Das letzte Heft des XIII. Bandes und zugleich das letzte des gesamten Kommentatorenwerks Philoponus' Kommentar in Analytica Posteriora mit dem Anonymus in der Bearbeitung von M. Wallies, ist im Druck bis zum 18. Bogen fortgeschritten. Der Abschluß des ganzen Unternehmens ist also in kurzem zu erwarten.

Politische Correspondenz Friedrich's des Grossen.

Bericht der HH. Schmoller und Koser.

Die Drucklegung des 32. Bandes hat Hr. Dr. Volz so weit gefördert, dass dessen Ausgabe unmittelbar bevorsteht. Die 760 hier vereinigten Nummern erstrecken sich auf die Zeit von Anfang März bis Ende October 1772 und betreffen in ihrer überwiegenden Mehrzahl die Verhandlungen, die nach Unterzeichnung des preussisch-russischen Vertrages vom Februar 1772 zwischen den beiden Signatarmächten und dem Wiener Hofe geführt wurden und in den Verträgen vom 5. August zum Abschluss kamen. Neben der damit beigelegten Frage der polnischen Theilung galt die Aufmerksamkeit der

preussischen Politik insonderheit den russisch-türkischen Friedensverhandlungen, die durch die Auflösung des Congresses von Fokschani unterbrochen wurden, und, seit dem Staatsstreich König Gustav's III. von Schweden im August 1772, dem dadurch verursachten Zwist zwischen den Höfen von Stockholm und St. Petersburg, durch den der König von Preussen als Bundesgenosse Russlands in einen Krieg mit Schweden hineingezogen zu werden besorgte.

Griechische Münzwerke.

Bericht des Hrn. Dressel.

Die Arbeiten für die griechischen Münzwerke sind während des verflossenen Jahres im Allgemeinen nicht so gefördert worden, wie es wünschenswerth gewesen wäre.

Hr. Gaebler hat nach der Ende 1906 erfolgten Publication des ersten Fascikels des macedonischen Bandes (III) die weitere Bearbeitung unterbrochen. Hr. Münzer war wiederum durch amtliche Verpflichtungen derart in Anspruch genommen, dass er der zweiten Abtheilung der thracischen Münzen (Band II, 2) nur wenige Ferienwochen widmen konnte, und in ähnlicher Weise war auch Hr. Kubitschek nicht in der Lage, die für den verflossenen Sommer in Aussicht gestellte Drucklegung des karischen Bandes zu beginnen.

Ein Fortschritt, wenn auch kein besonders erheblicher, ist für die übrigen Theile des nordgriechischen und kleinasiatischen Münzwerks zu verzeichnen.

Hr. Regling hat für Band I, 2 die sehr ausführliche Einleitung zu den Münzen von Tomi vollendet und die Bearbeitung der Prägungen dieser Stadt weitergeführt, soweit es seine durch Habilitation und andere Obliegenheiten in Anspruch genommene Zeit gestattete; auch die immer noch zahlreich eingehenden Nachträge zu diesem Bande wurden verarbeitet.

Für die erste Abtheilung des thracischen Bandes (II, 1) hat Hr. Strack die Beschreibung der Münzen von Abdera fertig gestellt und die Bearbeitung der Münzen von Aenus begonnen; im Sommer dieses Jahres denkt er das Manuscript für Abdera, Aenus und Anchialus der Akademie vorlegen zu können.

Die zeitraubenden Vorarbeiten für die Gebiete von Mysia und Troas hat Hr. von Fritze so weit zum Abschluss gebracht, dass mit der Herstellung des Manuscripts für den mysischen Band bald begonnen werden kann; es ist zu wünschen, dass diese Arbeit nunmehr rasch durchgeführt wird.

Acta Borussica.

Bericht der HH. Schmoller und Koser.

Die Thätigkeit unserer sämmtlichen Mitarbeiter, der H. H. Prof. Dr. Hintze, Dr. Freih. von Schrötter, Dr. Stolze, Dr. Rachel, Dr. Hass und Dr. Skalweit ging in gewohnter Weise rüstig voran. Wir sind in der Lage, Anfang 1908 drei fertige Bände auszugeben; 1. von Dr. Hintze Band XI der Behördenorganisation, der vom August 1750 bis Ende 1753 reicht, und endlich der wissenschaftlichen Welt den auf die innern Verhältnisse bezüglichen Theil des politischen Testaments von Friedrich d. Gr., nach dem Original gedruckt, vorlegt; 2. von Dr. Stolze die zwei Bände IV, erste und zweite Hälfte der Behördenorganisation, welche die Acten von 1723 bis 1729, die Zeit der definitiven Durchführung der großen Reformen von 1718 bis 1722 enthalten. Die Fortsetzung von Dr. Stolze, Behördenorganisation, Band V, 1730, ist bis zum 14. Bogen vorangeschritten. Der zweite Band der Münzgeschichte von Dr. von Schrötter, welcher die wichtige Zeit der Einführung des Graumann'schen Münzfusses enthält (1740 bis 1756) ist in seinem ersten Theile, der Darstellung, bereits gedruckt; der zweite Theil, die Acten, sind schon bis April 1753 gelangt. Die drei anderen Mitarbeiter sind in Materialsammlung und Vorarbeiten emsig vorangeschritten: Dr. Rachel in der Bearbeitung der Zoll-Accise und Handelspolitik vor und nach 1713, Dr. Skalweit in der Ausarbeitung der Getreide- und Magazinverwaltung von 1740 bis 1756, Dr. Hass in der Behördenorganisation vom siebenjährigen Kriege an.

Ausgabe der Werke von Weierstrass.

Über den Fortgang der Herausgabe von Weierstrass' Mathematischen Werken wurde zuletzt vor drei Jahren hier berichtet. Der damals angekündigte Druck der Vorlesungen über Elliptische Functionen hat erst im abgelaufenen Jahre begonnen werden können und ist gegenwärtig bis zum 13. Bogen vorgeschritten.

Kant-Ausgabe.

Bericht des Hrn. Vahlen.

In der Abteilung der Werke ist Band VI (Religion innerhalb der Grenzen der bloßen Vernunft und Metaphysik der Sitten) veröffentlicht. Das Erscheinen von Band V und IX in diesem Jahre ist gesichert.

Der Druck des handschriftlichen Nachlasses (Band XIV) hat begonnen.

Die Ausgabe ist den HH. Antiquaren Emil Hirsch und S. Halle in München für Mitteilung von zwei ungedruckten Briefen Kants dankbarlichst verpflichtet.

Ibn Saad-Ausgabe.

Bericht des Hrn. Sachau.

Während des verflossenen Jahres sind die folgenden zwei Bände im Druck fertig geworden und werden demnächst zur Ausgabe gelangen:

Band VI, Biographien der berühmtesten Männer des ältesten Islams, welche aus der Stadt Kûfa in Westbabylonien gebürtig waren. Herausgegeben von Prof. Dr. K. Zettersteén, Upsala.

Band IV, 2. Abteilung, Biographien derjenigen Muslims, welche sich nach der Schlacht am Berge Ohod im Jahre 627 Muhammed angeschlossen haben. Herausgegeben von Prof. Dr. J. Lippert, Berlin. Beiden Herren sei an dieser Stelle der Dank der Akademie bezeugt.

Alle übrigen Teile des Werkes sind im Druck befindlich. Von diesen dürfte Band II, 1. Abteilung: Über die kriegerischen Expeditionen Muhammeds, herausgegeben von Hrn. Prof. Dr. J. Horovitz, zur Zeit Professor an der muhammedanischen Universität zu Aligarh in Ostindien, in der ersten Hälfte dieses Jahres (1908) erscheinen.

Wörterbuch der ägyptischen Sprache.

Bericht des Hrn. Erman.

Das Berichtsjahr gehörte zum ersten Male der Ausarbeitung des Manuskriptes an, an der die HH. Erman und Gardiner den größten Teil des Jahres und die HH. Junker, Roeder und Sethe vorübergehend tätig waren. Die Leitung lag in den Händen des Hrn. Erman, während Hr. Sethe das Manuskript einer Revision unterzog. Im ganzen wurden 828 Seiten des vorläufigen Manuskriptes fertiggestellt, die 537 ägyptische Worte behandeln. Der Eindruck, den wir von dieser ersten Jahresarbeit gewonnen haben, läßt sich dahin zusammenfassen, daß der wissenschaftliche Fortschritt unsern Hoffnungen entspricht, daß aber die Schwierigkeiten der Arbeit unerwartet große sind. Sie liegen in der langen Geschichte der Sprache, in der Vieldeutigkeit der Schrift und vor allem darin, daß die ägyptischen Schreiber seit der Mitte des zweiten Jahrtausends einander ähnliche Worte in unerhörter Weise miteinander vertauschen und vermischen; nur bei sehr behutsamem Vorgehen und eindringender Untersuchung können wir dieses Wirrwars Herr werden. Daher hat es sich auch als untunlich herausgestellt,

die Worte in ihrer alphabetischen Reihenfolge durchzuarbeiten, wir müssen sie vielmehr zunächst gruppenweise behandeln, so wie sie einander inhaltlich oder äußerlich erläutern. Und weiter sehen wir uns genötigt, das vorläufige Manuskript ausführlicher zu gestalten, als dies eigentlich in unsrer Absicht liegt; denn wir können noch nicht übersehen, was sich bei dem einzelnen Worte einmal als wesentlich zeigen wird. Unsre Arbeit wird daher zunächst weit langsamer vonstatten gehen, als wir es dachten, indessen dürfte jedes weitere Jahr unsre Bahn glatter machen.

Neben der Verarbeitung gingen die Verzettelung und die Nebenarbeiten in beschränktem Maße fort; an den letzteren arbeiteten die HH. Burchardt, Rusch, Stolck und Frl. Morgenstern. Es wurden verzettelt 4428 Stellen und alphabetisiert 181427 Zettel. Im ganzen sind bisher verzettelt 45985 Stellen, die etwa 1018000 Zettel ergeben haben, davon sind bisher 976019 alphabetisiert, die bis auf 31933 der Benutzung zugänglich gemacht sind.

Um auch die Eigennamen für die Verarbeitung nutzbar zu machen, müssen deren rund 90000 Zettel, die bisher nur im groben geordnet sind, neu durchgesehen werden; diese Aufgabe wurde von Hrn. Grapow zunächst für die Namen der Orte, Götter und Könige erledigt, für die Personennamen wurde sie von Hrn. Erman begonnen.

Neues Material verdankten wir in diesem Jahre hauptsächlich Hrn. Gardiner, der die Papyrus der Pariser Sammlung und solche von Leiden und Liverpool für uns kopierte.

Im einzelnen wurden verzettelt:

Religiöse Literatur: Libro dei funerali (Hr. Vogelsang). — Zaubertext Salt 825 (Hr. Burchardt). — Buch vom Durchwandeln der Ewigkeit nach der Stele des Vatikans (derselbe).

Ältere Literatur: Die neuen Handschriften des Sinuhe und der Bauerngeschichte (Hr. Gardiner). — Veterinärpapyrus Kahun (Hr. Wreszinski).

Geschäftliche Papyrus des neuen Reichs: Papyrus Mayer A, die Papyrus der Bibliothèque nationale und Fragmente aus Gurob (Hr. Gardiner).

Späte Papyrus: Geographischer Papyrus aus Tanis und Faijumpapyrus (Hr. Burchardt).

Tempelinschriften: Fortgesetzt wurden Medinet Habu (HH. Gardiner und Ranke), Karnak (HH. Sethe, Roeder und Grapow). Abgeschlossen Derelbahri und Gurna (Hr. Roeder).

Grabinschriften: Königinnengräber (Hr. Sethe).

Tempel griechischer Zeit: Hr. Junker setzte Edfu unter Mitwirkung des Hrn. Boylan fort.

Einzelne Denkmäler: Dariusstelen (Hr. Burchardt). — Einzelnes aus dem British Museum und den Museen zu Kairo, Stockholm, Berlin (HH. Burchardt, Gardiner, Ranke, Roeder, Sethe).

Das Tierreich.

Bericht von Hrn. F. E. Schulze.

Obwohl schon am Schluß des Vorjahres mit der Drucklegung der von den HH. Prof. von Dalla Torre und Kieffer bearbeiteten 24. Lieferung begonnen wurde, gelang es nicht, diese Bearbeitung von erheblichem Umfange im Berichtsjahre zur Veröffentlichung zu bringen. Bei der Anwendung der internationalen Nomenklaturbestimmungen auf die behandelte Gruppe der Gallwespen (*Cynipidae*) wurden zeitraubende formale Änderungen des sonst abgeschlossenen Textes notwendig.

Der Hauptgrund der verlangsamten Herausgabe des »Tierreichs« liegt aber in der Teilung des Arbeitsprogramms durch die Inangriffnahme eines Nomenklators der Gattungen und Untergattungen. Die Dringlichkeit dieses zweiten Unternehmens, welches die Grundlage für die erfolgreiche Durchführung einer nicht gering zu schätzenden Aufgabe des »Tierreichs« zu bilden hat, und die besonderen Schwierigkeiten, die hierbei zu bewältigen sind, habe ich in den beiden letzten Jahresberichten schon angedeutet. Ich freue mich, über einen guten Fortgang dieser Arbeit berichten zu können und halte mich zu der Hoffnung berechtigt, noch vor dem Jahre 1910 über Plan und Umfang des abgeschlossenen Werkes einen eingehenden Bericht vorlegen zu können. Eine besondere Förderung hat das Unternehmen vor kurzem durch das Entgegenkommen des Hrn. Prof. von Dalla Torre in Innsbruck gefunden, der sich in dankenswerter Weise bereiterklärte, an den mühsamen Vorarbeiten teilzunehmen, die zur Prüfung der Richtigkeit und Vollständigkeit der bisher registrierten Gattungsnamen erforderlich erscheinen.

Das Pflanzenreich.

Bericht des Hrn. Engler.

Von dem Pflanzenreich, Regni vegetabilis conspectus, das sich immer mehr zu einer Sammlung vollständiger Monographien entwickelt, sind im Jahr 1907 sechs Lieferungen mit insgesammt 61 Druckbogen erschienen, mit den Bearbeitungen der *Polemoniaceae* von Prof. A. Brand, der *Calceolarieae* von Prof. Kränzlin, der *Erythroxylaceae* von

O. E. Schulz, der *Styracaceae* von Dr. Janet Perkins, der *Potamogetonaceae* von Prof. Ascherson und Dr. Graebner, der *Orchidaceae-Coelogyninae* von dem verstorbenen Prof. Pfitzer und Prof. Kränzlin. Ausser diesen ausgegebenen Lieferungen sind noch fünf andere im Druck, von denen namentlich die *Sarraceniaceae* und *Nepenthaceae* hervorgehoben sein mögen, welche von Prof. Macfarlane in Philadelphia bearbeitet werden.

Geschichte des Fixsternhimmels.

Aus der für das Unternehmen eingesetzten Commission sind im Jahre 1907 die Mitglieder von Bezold und Vogel durch den Tod ausgeschieden.

Die Sammlung der Catalogörter wurde, nachdem in der ersten Hälfte des Jahres noch 54362 Werthe eingetragen waren, vorläufig geschlossen, und dann der zweite Abschnitt der Arbeit: die Übertragung der zusammengestellten Örter auf das Aequinoctium 1875 begonnen. Diese Übertragung ist gegenwärtig bis zur Rectascension $2^h 12^m$ vollendet, mit einstweiligem Ausschluss der sehr nahe an den Polen stehenden Sterne.

Zu dem Druck des Fehlerverzeichnisses hatte Hr. A. F. Lindemann wiederum die Güte einen Beitrag, in Höhe von 3000 Mark, zu gewähren. Der Druck ist bis zum Bogen 48 fortgeschritten; es stehen nur noch die Gould'schen Cataloge für 1875 und der grösste Theil der auf ein späteres Aequinoctium gestellten Cataloge aus.

Commission für die Herausgabe der „Gesammelten Schriften Wilhelm von Humboldts“.

Bericht des Hrn. Schmidt.

Die beiden 1907 erschienenen Abtheilungen des sechsten Bandes der von Hrn. Prof. Dr. Leitzmann bearbeiteten »Werke« greifen mit ihren letzten Stücken aus dem linguistischen ins ästhetische Gebiet hinüber und zeigen wiederum einen bedeutenden Zuwachs. Schon ausgedruckt ist die grosse Studie über die »Verschiedenheiten des menschlichen Sprachbaus« u. s. w. (VII, 1); im Manuscript abgeschlossen eine Sammlung von Paralipomenis, die wegen ihrer Kürze oder ihres fragmentarischen Zustandes nicht wohl eingereiht werden konnten, sowie von anderen Nachträgen nebst Auskünften über verlorene oder weggebliebene Schriften (VII, 2). Die folgenden Bände, ohne Vorarbeit aus grossen handschriftlichen Massen zu schöpfen, gebieten ein langsameres Tempo.

Empfindliche Versäumnisse in Gebhardts nachgelassenem Katalog der Briefbestände des Staatsarchivs heilt jetzt revidirend und ergänzend Hr. Dr. Spranger, dem sich dabei auch die Nothwendigkeit ergeben hat, kleine Supplemente zu den Politischen Denkschriften zu liefern. Neben ihm sind wir Hrn. Privatdocenten Dr. S. Keller in Bonn, Fräulein Marie von Bunsen in Berlin und der Public library in Boston (für photographische Mittheilung eines langen werthvollen Schreibens an Körner über Schiller) verpflichtet.

Interakademische Leibniz-Ausgabe.

Bericht des Hrn. Lenz.

Hr. Waldeyer hat in der öffentlichen Sitzung am 27. Juni 1907 (vgl. Sitzungsberichte 1907 S. 617ff.) einen ausführlichen Bericht über die Entstehung und Entwicklung des Planes dieser Ausgabe gegeben; ich kann mich also darauf beschränken, an die Hauptpunkte jener Darstellung zu erinnern und den gegenwärtigen Stand der Arbeit zu bezeichnen.

Der Gedanke einer kritischen Gesamtausgabe der Werke von Leibniz wurde von der Académie des Sciences morales et politiques zu Paris auf der ersten Generalversammlung der internationalen Assoziation der Akademien (Paris 1901) angeregt. Er fand allgemein Beifall, und die Assoziation beauftragte die Académie des Sciences und die Académie des Sciences morales et politiques zu Paris und unsre Akademie, sich über den Umfang des Unternehmens zu orientieren und an der Hand eines Verzeichnisses der für die Publikation in Betracht kommenden Stücke der nächsten Generalversammlung einen Plan vorzulegen, der die Grundlage für die Entscheidung des Ob und Wie der Ausgabe bilden könnte. Die drei Akademien widmeten sich dieser Arbeit während der Jahre 1902 und 1903. Von französischer Seite wurden Frankreich, Belgien, Holland und England auf Leibniziana bereist, von unsrer Seite ein Katalog aller gedruckten Stücke angefertigt, dann gemeinsam ein Aufruf an die Archive, Bibliotheken und zahlreiche Privatpersonen erlassen — der zum Teil zu überraschenden Entdeckungen führte — und endlich und vor allem die genaue Verzeichnung des in Hannover liegenden Nachlasses von Leibniz unternommen. Besonders die letzte Arbeit zeigte, daß man den Umfang und die kritischen Schwierigkeiten des Werkes unterschätzt hatte. Infolgedessen ersuchten die drei Akademien die zweite Generalversammlung der Assoziation (London 1904), ihnen ihren Auftrag auf weitere drei Jahre zu verlängern, indem sie in Aussicht stellten, bis

zu der dritten Tagung das bisher gesammelte Material revidieren und als einen kritischen Katalog der Leibniz-Handschriften veröffentlichen zu können. Die Assoziation erklärte sich hiermit einverstanden. In der Tat wurde bis zum Frühjahr 1906 dieser kritische Katalog im Manuskript ziemlich vollendet. Es stellte sich aber auch heraus, daß er etwa zehn Bände in Quarto zu je 60 Bogen umfassen und seine Drucklegung etwa drei Jahre und rund 80000 Mark Kosten beanspruchen würde. Angesichts dieser Tatsache kam unsre Akademie zu dem Entschluß, auf diese Drucklegung eines immer doch nur vorbereitenden Werkes zu verzichten und vielmehr sobald wie möglich an die Ausgabe selbst zu gehen. Zu derselben Auffassung gelangten die beiden französischen Akademien. Man verständigte sich also über die weitere Behandlung des Kataloges und über Ziel, Teilung und Organisation der Arbeit für die Ausgabe, und unterbreitete der dritten Generalversammlung der Assoziation (Wien 1907) den Vorschlag: »Von der Drucklegung des geschriebenen Katalogs soll abgesehen werden, dagegen ist letzterer mechanisch zu vervielfältigen insoweit, daß den Bibliotheken der zur Vereinigung gehörigen Akademien sowie einigen andern Bibliotheken Exemplare zugestellt werden können. Mit der vollständigen Ausgabe der Werke Leibnizens soll alsbald begonnen werden, und sind die genannten drei Akademien damit zu betrauen.« Die Assoziation hat demgemäß beschlossen und damit das Unternehmen gesichert.

Die interakademische Leibniz-Ausgabe wird also von der Académie des Sciences und der Académie des Sciences morales et politiques zu Paris und unsrer Akademie im Namen der Assoziation der Akademien ausgeführt. Die drei Akademien haben sich überzeugt, daß eine schlechterdings vollständige Ausgabe, die alles, was je von und an Leibniz geschrieben worden ist, enthielte, in absehbarer Zeit und mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht geleistet werden kann, aber auch für die Bedürfnisse der Wissenschaft nicht notwendig und nicht einmal wünschenswert ist. Sie haben also nur eine »wissenschaftlich vollständige« Ausgabe ins Auge gefaßt. Auch bei dieser Beschränkung wird freilich das Werk rund 50 Quartbände umfassen und erst in 30 bis 40 Jahren vollendet sein. In die Leitung und in die Kosten der Arbeit haben sich die drei Akademien so geteilt, daß den beiden französischen Akademien die mathematischen, erkenntnistheoretischen und logischen, die naturwissenschaftlichen und medizinischen, die juristischen und naturrechtlichen Schriften, unsrer Akademie dagegen die politischen, staats- und volkswirtschaftlichen und die historischen und sprachwissenschaftlichen Schriften, und außerdem die gesamten Briefe und Denkschriften überwiesen sind; über die metaphysischen und theolo-

gischen Schriften hat man noch keine Vereinbarung getroffen. Die Arbeit selbst wird gemeinsam bleiben, so zwar, daß zum Teil französische Mitarbeiter unter unsre, und deutsche Mitarbeiter unter französische Leitung treten werden.

Auf unsrer Seite haben wir uns zunächst zur Bearbeitung der Briefe und Denkschriften, als der unsres Erachtens wichtigsten und notwendigsten unter den uns überwiesenen Abteilungen, entschlossen. Die Leitung liegt in den Händen unsrer »Leibniz-Kommission«, die zur Zeit aus den HH. Dilthey, Harnack, Koser, Lenz (als Vorsitzendem), Planck, Schmidt, Schwarz und Stumpf besteht; Hr. Diels ist, nachdem er von 1901—1906 den Vorsitz geführt hatte, im Frühjahr 1906 wegen seiner Überhäufung mit andern Geschäften ausgeschieden. Als Mitarbeiter stehen uns einstweilen die seit 1902 für uns in dieser Sache tätigen HH. Dr. Kabitz und Dr. Ritter, und dazu die französischen HH. Rivaud, Sire und Vesiot zur Verfügung. Mit der Leitung der Arbeit im einzelnen haben wir Hrn. Dr. Ritter betraut. Diese Herren sind seit dem Sommer 1907, auf Grund eines von Hrn. Dr. Ritter entworfenen Planes, mit der Bearbeitung der ersten drei Bände beschäftigt, welche die Briefe und Denkschriften von 1662—1672 (bis zur Übersiedelung des jungen Leibniz nach Paris) umfassen werden. Hr. Dr. Kabitz, der die philosophischen und theologischen Briefe übernommen hat, ist bereits an die Herstellung des kritischen Apparates gegangen und hofft, bis Ostern 1909 sein Manuskript vollendet zu haben. Hr. Dr. Ritter ist noch in der Sammlung und Kollation der Drucke und Abschriften begriffen; er bearbeitet die politischen und biographischen Stücke, also im wesentlichen auch sämtliche Denkschriften (unter ihnen die zum Ägyptischen Plan gehörigen, die den ganzen dritten Band beanspruchen werden). Über den Stand der Arbeit bei den französischen Herren werden wir demnächst Nachricht erhalten; sie haben bereitwilligerweise die naturwissenschaftlichen Briefe übernommen. Im allgemeinen hoffen wir diese ersten drei Bände so zu beschleunigen, daß sie 1911 erscheinen können.

Die Vorbereitungen für die Vervielfältigung des Katalogs werden inzwischen auf beiden Seiten fortgesetzt. Nachdem die einzelnen Bearbeiter desselben schon im Laufe des Jahres 1906 ihre ausführlichen Konzepte in Reinschriften auf Oktavzetteln kondensiert haben, handelt es sich jetzt um die kritische Kombination dieser (acht) parallelen Anteile. In diese Arbeit haben sich die HH. Kabitz, Ritter und Rivaud in der Weise geteilt, daß jeder die Zusammenstellung und Verantwortung für bestimmte Perioden übernommen hat. Leider wird auch die Umschrift des Ganzen mit autographischer Tinte zu einem

erheblichen Maße von diesen Herren persönlich geleistet werden müssen. Die erste, von Hrn. Dr. Ritter redigierte Abteilung des vervielfältigten Katalogs steht daher erst im April d. J. zu erwarten. Die andern Abteilungen werden voraussichtlich so schnell folgen, daß wir den wichtigsten Vorteil eines solchen allgemein zugänglichen Katalogs — auch Außenstehende zur Kontrolle unsrer Arbeit zu veranlassen — noch für die ersten drei Bände der Ausgabe genießen können. Unsre Mitarbeiter bedienen sich einstweilen ohne große Beschwerde ihrer Konzepte und Reinschriften.

Erfreulich ist endlich, daß Zufall oder planmäßiges Verfolgen neuer Spuren immer noch zu weiteren Funden von Leibniz-Handschriften führen. So sind erst kürzlich die verloren geglaubten Originale der Briefe des jungen Leibniz an den Augsburgischen Theologen Spitzel (1668—1672), und aus seinen späteren Perioden Briefe an den Wolfenbüttelschen Minister Baron von Steinberg, die Herzogin Benedicte von Braunschweig und den Abbé St. Pierre zum Vorschein gekommen. Dagegen sind die Nachforschungen nach der zweiten Hälfte des Nachlasses Johann Christians von Boineburg — dessen erste Hälfte seinerzeit im Schönbornschen Archiv zu Wiesentheid gefunden wurde — bisher vergeblich geblieben.

Corpus Medicorum graecorum.

Bericht des Hrn. Diels.

Die Akademie berichtet heute zum ersten Male über ein neues Folgeunternehmen, das ihre philosophisch-historische Klasse nach der Beendigung des Corpus Aristotelicum in Angriff genommen hat. In Gemeinschaft nämlich mit den Königlichen Gesellschaften der Wissenschaften zu Kopenhagen und Leipzig ist eine unter den Auspizien der Internationalen Assoziation der Akademien stehendes Corpus medicorum antiquorum begonnen werden, von dem die genannten drei Akademien den griechischen Teil, das Kuratorium der bei der Universität Leipzig bestehenden Puschmann-Stiftung den lateinischen übernommen haben.

Die Arbeiten für beide Abteilungen stützen sich auf einen von der Kopenhagener und unserer Akademie aufgenommenen Katalog der Handschriften der antiken Ärzte, dessen beide Teile in den Abhandlungen unserer Akademie 1905 und 1906 veröffentlicht worden sind. Ein erster Nachtrag dazu ist in den Abhandlungen 1907 erschienen. Dort ist auch ein ausführlicher Bericht über den ganzen Plan mitgeteilt, aus dem hier herausgehoben sei, daß die Sammlung des

Corpus M. graecorum auf 32 Bände Großoktav berechnet ist, deren Verlag die B. G. Teubnersche Buchhandlung in Leipzig übernommen hat. Davon sollen Hippokrates 2, Galen 13 Bände füllen. 3 Bände sind für die kleineren Mediziner reserviert, unter denen auch manches Ungedruckte sich befinden wird. So ist ein Exzerpt aus dem Arzneibuche des Arztes Philumenos (2. Jahrh. n. Chr.) in der Bearbeitung von M. Wellmann bereits im Text vollendet und wird als kleine Probe des Werkes demnächst ausgegeben werden.

Die Leitung des Unternehmens liegt in den Händen einer von der Assoziation erwählten autonomen Kommission, deren Mitglieder sind die HH. Gomperz (Wien), Leo (Göttingen), Heiberg (Kopenhagen), Ilberg (Leipzig), Bywater (London), Krumbacher (München) und der zum Obmann dieser Kommission ernannte Berichterstatter.

Die Berliner Akademie hat zur Durchführung des Unternehmens eine aus Hrn. v. Wilamowitz und dem Berichterstatter gebildete besondere Kommission eingesetzt. Sie hat Hrn. Privatdozenten Dr. J. Mewaldt in Berlin zum Redakteur des Corpus ernannt. Diese Wahl hat die Bestätigung der autonomen Kommission der Assoziation gefunden.

Unsere Akademie hat als Arbeitsraum für das Corpus ein Zimmer in dem Nebengebäude unseres provisorischen Heims eingerichtet, wo auch die bereits gesammelten Materialien eine übersichtliche Aufstellung gefunden haben.

Deutsche Kommission.

Bericht der HH. Burdach, Roethe und Schmidt.

In die Kommission neu eingetreten ist Hr. Heusler.

Im Juni siedelte die Kommission aus dem Hause Behrenstraße 70 in die zeitweilige Behausung der Akademie, Potsdamer Straße 120, über; es stehen ihr dort außer einem für die Mitglieder der Kommission bestimmten Sitzungsraum ein großes und drei kleinere Arbeitszimmer zur Verfügung, die sich durch Helligkeit und Geräumigkeit vorteilhaft vor den früheren Räumen der Kommission auszeichnen. Der Umzug gab Anlaß zu einer erheblichen Ergänzung des bisherigen Inventars, das sich bei der steten Vermehrung der Aufgaben und Mitarbeiter der Kommission schon längst als unzureichend erwiesen hatte.

Die Inventarisierung der literarischen deutschen Handschriften schritt ruhig fort. Die Rücksicht auf die verfügbaren Mittel verbot diesmal eine Steigerung des Tempos; wir haben aber Grund, zu hoffen, daß die verständnisvolle Förderung des vorgesetzten Ministeriums es uns ermöglichen wird, im kommenden Jahre mit

vermehrten Kräften und Mitteln die Handschriftenaufnahme zu beschleunigen.

In der Schweiz war die Arbeit dieses Jahres besonders ergiebig. Der Leiter der Stiftsbibliothek in Einsiedeln, Hr. P. Gabriel Meier, spendete aus dem reichen Schatz der ihm anvertrauten Handschriften mit gewohnter Gelehrsamkeit weitere Beschreibungen (in der Hauptsache Mystik, daneben einiges Medizinische). Die im vorigen Bericht angekündigte Verbindung der öffentlichen und Universitätsbibliothek zu Basel mit den Inventarisationsarbeiten der Akademien hat wertvolle Früchte getragen. Im September des vergangenen Jahres empfing das Archiv die umfängliche, von Prof. Binz' sicherer Hand genau nach unsern Grundsätzen ausgeführte Beschreibung derjenigen Handschriften der Baseler Abteilung A (Theologie, Papier), die in den Rahmen unsers Inventars fallen. Wie Prof. Binz mitteilte, sind außerdem bereits beschrieben, aber für den Baseler Katalog noch nicht kopiert, auch die in Betracht kommenden Bände der Abteilung B (Theologie, Pergament) und einige Sammelbände der Abteilung F (Artes). Das Verzeichnis der Abteilung A erschien dann unter dem Titel: »Die deutschen Handschriften der öffentlichen Bibliothek der Universität Basel, erster Band« (Basel 1907) als Festgabe der Baseler Bibliothek für die Versammlung deutscher Philologen und Schulmänner im Druck. Die Vorrede dieser verdienstvollen Publikation, die der Initiative des Hrn. Oberbibliothekars Dr. Karl Christoph Bernoulli verdankt wird, betont ausdrücklich, daß die Anregung zu der jetzigen Durchführung der Katalogisierung und ihre Form auf die deutsche Kommission der Berliner Akademie zurückgehe. Ein Vergleich mit Hänels summarischen Beschreibungen veranschaulicht sofort, wie trefflich sich das Zusammenwirken der von der Akademie vertretenen rein wissenschaftlichen und der dortigen bibliothekarischen Interessen bewährt hat. Es sei insbesondre auf die Abteilungen A X und A XI verwiesen, die über zahlreiche seit Jahrhunderten unverzeichnet und vernachlässigt aufgestapelte Handschriftenbände berichten und manche für die deutsche und die mittellateinische Literatur interessante Stücke ans Licht ziehen. Für die deutsche Mystik findet sich dabei freilich nicht so viel Neues, als bei der Bedeutung Basels für diese Bewegung vielleicht erwartet werden konnte. — Hr. Prof. Dr. Ferdinand Vetter in Bern hat noch gegen 60 Beschreibungen von St. Gallener Handschriften eingesendet (Reihen altdeutscher Personennamen, Sprichwörter, Rätsel, Beichtformeln, Briefe Alkuins und anderer, Schriften des Äneas Sylvius).

Für Österreich ist die Handschriftenaufnahme leider immer noch nicht so in Gang gekommen, wie es zu wünschen wäre. Einige

Handschriften der Wiener Hofbibliothek haben Hr. Dr. V. Junk in Wien und Hr. Prof. Emil Henrici in Berlin beschrieben. Aus Graz sandte eine Beschreibung Hr. Dr. Ferdinand Eichler.

Rüstigen Fortgang hat dagegen die Handschriftenaufnahme in der Münchener Hof- und Staatsbibliothek genommen. In das Berichtsjahr fallen etwa 120 Beschreibungen, die wir größtenteils wieder der fortgesetzten treuen Mühewaltung der HH. Dr. Leidinger und Dr. Petzet verdanken. Aus den Arbeiten des Hrn. Prof. von der Leyen und seines Gehilfen, des Hrn. Dr. Mauszer, für die deutsche Mystik erwuchsen vier zum Teil sehr umfängliche Beschreibungen mystischer und katechetischer Stücke (Meister Eckhart, Tauler, Marquart von Lindau u. a.). Gelegentliche Beschreibungen von Münchener Handschriften lieferten die HH. stud. Karl Schröder (Berlin) und stud. Erich Eichler (Greifswald). — Eindringende Ergänzungen zu seinen vorher summarischer gefaßten Beschreibungen mehrerer Kemptener und Passauer Handschriften steuerte Hr. Prof. Karl Euling (Königsberg) bei (darunter Kemptener Bruchstücke des Willehalm Ulrichs von Türheim). — Auf Baden und Württemberg hat sich bisher die Inventarisationstätigkeit der Akademie noch nicht erstrecken können. Doch hat Hr. Burdach im letzten Sommer einen Aufenthalt in Heidelberg, Karlsruhe, Stuttgart und Tübingen benutzt, um durch Beratungen mit den maßgebenden Behörden und Personen eine geeignete Organisation vorzubereiten. Die Verhandlungen sind noch nicht abgeschlossen, lassen aber bei dem Entgegenkommen, das Hr. Burdach überall, insbesondere auch bei dem badischen Kultusministerium gefunden hat, einen glücklichen Ausgang erwarten. — Eine Handschrift der Hofbibliothek zu Karlsruhe beschrieb Hr. cand. phil. M. Voigt. — In Dresden setzte Hr. Dr. Manitius seine beschreibende Tätigkeit fort.

In Breslau ist dank dem hingebenden Eifer des Hrn. Oberlehrers Dr. Klapper die Beschreibung der in Frage kommenden Handschriften der Kgl. und Universitätsbibliothek dem Abschluß nahegebracht: nahezu 200 Aufnahmen sind der Ertrag dieses Jahres. Die geistige Geschichte Schlesiens ist fast in allen Beziehungen hier vertreten: voran steht wieder die reiche geistliche Literatur; sonst fallen ins Auge Fabelliteratur, didaktisch-satirische und Novellendichtung, zahlreiche Pestrezepte.

Ein mittelniederdeutsches Erbauungsbuch aus Calbe a. d. Milde, das u. a. Dietrich Engelhus' Ars moriendi enthält, hat Hr. Prof. Borchling in Posen behandelt. — Aus Naumburg hat Hr. Oberlehrer Dr. Hampel mehrere Beschreibungen von Rechtshandschriften gesandt. — In den Fuldaer Manuskripten, die Hr. Oberlehrer Dr. Wiegand in Fraustadt neu aufgenommen hat, war namentlich das Jesuitendrama sowie die

neulateinische Kleinpoesie der Epitaphien, Memorialverse, Chronogramme u. ä. reicher vertreten. Ebenso gehörten die Handschriften, die Hr. Bertalot in Frankfurt a. M. erledigt hat, überwiegend in den Kreis der lateinischen Schulpoesie; doch enthielten sie auch deutsche Sprüche und Weihnachtspredigten, sowie ein allegorisch-geistliches »Würzgärtlein« in deutschen Versen.

Hr. Dr. Degering, der die systematische Durchforschung der kleineren Bibliotheken der Rheinprovinz übernommen hat, hat die Bibliothek des Bergischen Geschichtsvereins zu Elberfeld, in Bonn die Universitätsbibliothek, die Stadtbibliothek, die Bibliotheken der Stiftskirche, Münsterkirche, Remigiuspfarre, ferner die Bibliothek des Freiherrn von Eltz-Riebenack zu Wahn, die Pfarrbibliotheken zu Oberkassel, Königswinter, Grau-Rheindorf und Neuß (hier auch die Bibliothek des Altertumsvereins), endlich die Freiherrlich von Mirbachsche Bibliothek zu Harff und andre Privatbibliotheken in Mülheim a. d. Ruhr und Neuß besucht und festgestellt, ob und was sie von geeignetem Material enthalten. Eingesandt hat Dr. Degering bisher die Beschreibung einer Handschrift des Stadtarchivs zu Cleve (Chronik Gerts van Scheuren) und vor allem zweier wichtiger Codices aus der Fürstlich Salm-Reifferscheidtschen Schloßbibliothek zu Dyck, deren einer u. a. eine niederländische Fassung von Mandevilles Reisewerk enthält, während der andre neben Maerlants »Blume der Natur« einen besonders wertvollen, der Komburger Handschrift an Alter und Wert bedeutend überlegenen Reinaerttext bietet, den Dr. Degering demnächst zu publizieren hofft.

Unser eifriger Mitarbeiter für Westfalen, Hr. Bibliothekar Dr. Bömer in Münster, beschrieb aus der Pfarrbibliothek zu Metelen (Kreis Steinfurt) eine umfängliche mittelniederdeutsche Sammelhandschrift, aus der Dechaneibibliothek zu St. Nikolaus in Höxter zwei kleinere Stücke. Sehr viel reichhaltiger erwies sich die Sayn-Witgensteinsche Schloßbibliothek zu Berleburg, in der Dr. Bömer unter anderem neue Wigaloisfragmente, ein mittelhochdeutsches poetisches Speculum humanae salvationis, vor allem eine anscheinend noch unbekannte mittelhochdeutsche Dichtung von der Pilgerfahrt des träumenden Mönches feststellte. Die Schloßbibliothek des Grafen von Fürstenberg-Stammheim, die aus Stammheim kürzlich für 50 Jahre leihweise auf die Universitätsbibliothek zu Münster übergeführt ist, ergab diesmal neben Stammbüchern des 17. Jahrhunderts mittelfränkische Kartäuserbiographien und eine neue Handschrift von Gottfr. Hagens Cölner Chronik sowie namentlich von der Weberschlacht, die bisher nur in einer einzigen recht mangelhaften Handschrift bekannt war. Im übrigen nahm Dr. Bömer die Handschriften der Bibliothek

des Altertumsvereins zu Paderborn auf, die lateinische und mittelniederdeutsche Verse historischen Inhalts, ein mittelniederdeutsches Gebetbuch aus Marienborn und viel sonstige niederdeutsche Erbauungsliteratur brachte. Sie dominierte auch in den Handschriften der Universitätsbibliothek zu Münster, die Bömer diesmal beschrieb; hervorzuheben ist allerlei mittelniederdeutsche Übersetzungsprosa geistlichen Inhalts. Prof. Jostes stellte für die Beschreibung eine mitteldeutsche geistliche Sammelhandschrift aus seinem Besitze zur Verfügung.

Aus der Stadtbibliothek zu Lübeck beschrieb Hr. Dr. Hagen mehrere niederdeutsche und niederländische Codices, in denen die holländische Mystik (Ruusbroek, Gerhard Zerbold) vorantrat. — Hr. Prof. Borchling untersuchte vier Handschriften der Bibliothek des adligen Damenklosters zu Ebstorf, deren sehr reicher Inhalt das geistige Leben dieses Frauenstifts im 15. Jahrhundert abspiegelt. — Den Handschriften der Königlichen Bibliothek zu Hannover hat für unsere Zwecke außer Hrn. Bibliothekar Dr. Karl Meyer auch Hr. Oberlehrer Dr. Brill seine Aufmerksamkeit zuzuwenden begonnen.

Hr. Prof. Dr. Emil Henrici hat im Berichtsjahre wieder hunderte von Handschriften der Wolfenbütteler und Braunschweiger Bibliotheken und Archive sowie des Stadtarchivs zu Hildesheim sorgfältig gemustert. In Hildesheim wurden vornehmlich Chroniken von ihm durchgesehen; in Wolfenbüttel und Braunschweig beachtete Prof. Henrici insbesondere Handschriften des Cornutus, Facetus, Brevilogus, des Decretum Gratiani, Manuskripte von Joh. Caselius und Andr. Mylius; über einige seiner Funde hat er im »Braunschweigischen Magazin« Bericht erstattet. Da sich herausstellte, daß der gedruckte Katalog der Braunschweiger Stadtbibliothek auch für oberflächliche Orientierung nicht ausreiche, hat Prof. Henrici sich entschlossen, nicht nur in Braunschweig, sondern auch in Wolfenbüttel jede Handschrift, auch wenn sie nach den Katalogen gar nichts versprach, selbst zu durchsuchen und diese mühsame Arbeitsweise, die es ihm z. B. auferlegte, die Wolfenbütteler Handschriften Helmstedt 1—500 größtenteils noch einmal gründlich zu prüfen, blieb nicht ohne Ertrag. Prof. Henricis Beschreibungen sind besonders reichhaltig im Buchen der Einzelverse, die in Prosatexten eingelegt oder zu Sammlungen vereinigt sind.

Kleinere lateinische Dichtungen aus Miscellanhandschriften der Bodlejana in Oxford, geistlichen und medizinischen Inhalts, sind auch von Hrn. Dr. Schaaffs in Liverpool in großer Anzahl verzeichnet worden; den Inhalt von deutschen Stammbüchern des Britischen Museums in London analysierte Hr. Dolch. — Von der zeitweilig

verschollenen Handschrift des Ebernand von Erfurt, die sich jetzt in der Privatsammlung von Rob. Garnett zu Baltimore (Maryland) befindet, gab Hr. Dr. Geo. Priest eine eingehende Beschreibung.

Die Verwaltung des Handschriftenarchivs lag unter der Oberaufsicht seiner akademischen Leiter auch im verflossenen Jahre wieder in den Händen des Assistenten Hrn. Dr. Fritz Behrend, der, zugleich als Volontär an der Königlichen Universitätsbibliothek tätig, den Pflichten des doppelten Amtes kaum hätte genügen können, wenn ihm nicht im Interesse seiner Archivarbeiten durch das vorgesetzte Ministerium die bibliothekarische Dienstzeit für einen Teil des Jahres um täglich zwei Dienststunden verkürzt worden wäre. Es ist Aussicht vorhanden, daß er künftighin seine ganze Arbeitskraft dem Handschriftenarchive der Deutschen Kommission wird widmen können.

Auf dem gesamten Gebiete der Inventarisierung ist ein größeres Gleichmaß der Beschreibungen angestrebt und gutenteils auch erreicht worden. In Zukunft soll den Handschrifteneinbänden, aus denen sich wertvolle Schlüsse ziehen lassen, erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet werden. Für die Einbände der Inkunabeln sind bekanntlich durch die Bemühungen des Hrn. Bibliotheksdirektors Dr. Schwenke fruchtbare Erkenntnisse gewonnen worden, und durch die von ihm angewendete Methode (Bleistiftschraffierungen auf weichem über den Einband gelegten Papier) lassen sich ohne Mühe ausreichende Abdrucke herstellen. Stattlich ist die Sammlung der durchgepausten Wasserzeichen angewachsen. Als ratsam hat sich herausgestellt, daß künftig bei den medizinischen Bestandteilen der aufgenommenen Handschriften kurze Beschreibungen aller etwaigen Zeichnungen gegeben werden.

Um die Gefahr doppelter Beschreibung zu verhüten, die durch Umsignieren der Bestände oder durch das Wandern von Handschriften (namentlich privaten Besitzes) entstehen könnte, hat die Deutsche Kommission kleine Zettel des folgenden Musters drucken lassen:

> Handschrift ....
>
> ....
>
> im Besitz ....
>
> ....
>
> ist nach den Grundsätzen der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin
>
> von Herrn ....
>
> im .... 19 ... aufgenommen worden.

Es wäre sehr zu wünschen, daß, wie die Hof- und Staatsbibliothek zu München das schon getan hat, so auch möglichst alle andern Besitzer von Handschriften gestatteten, diese Zettel auf den Innendeckeln der für die Akademie beschriebenen Codices anzubringen. Der Vermerk würde zudem spätere Benutzer in den Stand setzen, durch Anfrage bei dem Handschriftenarchiv der Akademie sich unter Umständen lange Arbeit zu ersparen.

Das Archiv besitzt jetzt über 3000 Handschriftenbeschreibungen, von denen gegen 250, die zunächst in summarischer Form eingereicht werden mußten, künftiger Ergänzung bedürfen. Gegen 2000 von diesen Beschreibungen sind bis jetzt auf etwa 110000 Zetteln nach den in den frühern Berichten angegebenen Gesichtspunkten katalogisiert worden. An den Verzettelungsarbeiten beteiligten sich unter Leitung Dr. Behrends die HH. cand. phil. Traugott Böhme, Dr. Friedemann, cand. phil. Gensel, Dr. Kotzenberg, Dr. Arthur Müller, Dr. Reiske, Dr. Stehmann, cand. phil. Max Voigt. — Zu einem ergänzenden Zettelkatalog des gedruckten Materials, der für die Zukunft in Aussicht genommen ist, hat Dr. Stehmann einen Anfang gemacht, indem er begonnen hat, die gedruckten kleineren erzählenden und lehrhaften mittelhochdeutschen Dichtungen zu verzetteln.

Mit dem Besitz wächst auch die wissenschaftliche Nutzbarkeit des Archivs, das im Berichtsjahre vielfach von hiesigen und auswärtigen Gelehrten befragt worden ist. Dem Direktor des Instituts für Geschichte der Medizin in Leipzig, Hrn. Prof. Dr. Sudhoff, wurde auf sein Ersuchen gestattet, das für die Geschichte der Medizin in Betracht kommende Material aus den Beschreibungen des Archivs kopieren zu lassen.

Die Handbibliothek des Archivs umfaßt gegen 300 Nummern, bleibt also immer noch hinter den bescheidensten Ansprüchen zurück, zumal die in demselben Hause befindliche Bibliothek der Akademie ihrer Zusammensetzung nach nur in seltenen Fällen geeignet ist auszuhelfen. Von wichtigern Zuwendungen seien hier (außer dem schon genannten Baseler Katalog) dankbar erwähnt: Die deutschen Handschriften der Großherzoglichen Hof- und Landesbibliothek Karlsruhe (Bd. 3 bis 5, Beitr. II); Katalog der Handschriften der Universitätsbibliothek in Heidelberg, Band 2; Bibliotheca apostolica Vaticana Cod. Palat. Lat. Tom. I; drei Programme des Gymnasiums zu Flensburg.

Von den »Deutschen Texten des Mittelalters« wurden vollendet Bd. VIII (Heinrichs von Hesler Apokalypse, aus der Danziger Handschrift herausgegeben von Karl Helm), Bd. IX (Thilos von Kulm Liber de septem sigillis, aus der Königsberger Handschrift heraus-

gegeben von Karl Kochendörffer) und Bd. XIII (Der große Alexander, aus der Wernigeroder Handschrift herausgegeben von Gustav Guth). Im Satz weit fortgeschritten sind Bd. X (Der Prediger von Sankt Georgen, aus der Freiburger und Karlsruher Handschrift herausgegeben von Karl Rieder), Bd. XI (Die Predigten Taulers, aus der Engelberger und der Freiburger Handschrift, sowie aus Schmidts Abschriften der verbrannten Straßburger Handschriften herausgegeben von Ferdinand Vetter) und Bd. XII (Die Meisterlieder des Hans Folz, aus der Münchener Originalhandschrift, aus der Weimarer und der Berliner Handschrift herausgegeben von August Mayer). Begonnen ist endlich der Satz von Bd. XIV (Die Wolfenbüttler Priamelhandschrift, herausgegeben von Karl Euling). Gefördert wurden die »Texte« durch die HH. Dr. Burg in Hamburg, Dr. Glauning, Dr. Petzet, Dr. Ranke in München, Prof. Dr. Henrici in Wolfenbüttel, Prof. Dr. Panzer in Frankfurt a. M., Prof. Dr. Sievers in Leipzig; insbesondere aber hat Hr. Prof. Dr. Karl von Kraus in Prag ihnen dauernd sein fruchtbares und tätiges Interesse zugewendet. Hr. Prof. Schönbach in Graz hat der Kommission seine Abschrift des »Belial« Otto Raspes für die »Texte« geschenkt. Lebhaften Dank verdient endlich die Bereitwilligkeit, mit der die beteiligten Bibliotheken durchweg die Leihfrist für ihre Handschriften so ausgedehnt haben, daß die langwierigen Druckkorrekturen nach den Handschriften selbst gelesen werden konnten; die Kommission rühmt insbesondere die Geduld, mit der das Stift Engelberg, sowie die Großherzogliche Bibliothek zu Weimar und die Herzogliche Bibliothek zu Wolfenbüttel den Wünschen der Akademie Rechnung getragen haben.

Die Wieland-Ausgabe wurde 1907 so weit gefördert, daß ein Verlagskontrakt mit der Weidmannschen Buchhandlung entworfen und genehmigt werden konnte, auf Grund dessen nun zunächst in steter Folge die von Hrn. Dr. Homeyer in Berlin bearbeiteten Jugendschriften und aus der zweiten Abteilung die von Hrn. Dr. Stadler in Straßburg zum ersten Neudruck gerüstete Shakespeareübersetzung erscheinen sollen. Um das Briefkorpus hat Hr. Dr. von Kozlowski durch genaue Abschriften aus der in Halberstadt liegenden Korrespondenz mit Gleim sich ein dankenswertes Verdienst erworben.

Der vorjährige Bericht der Kommission mußte melden, daß der Provinzialausschuß der Rheinprovinz ein Gesuch der Akademie um finanzielle Unterstützung des »Rheinischen Wörterbuchs« abgelehnt habe. Inzwischen aber ist eine sehr erfreuliche Wandlung eingetreten: es darf mit Zuversicht erwartet werden, daß der Provinzialverband von

Ostern 1908 ab dem Wörterbuch eine regelmäßige Subvention auf eine Reihe von Jahren gewähren werde. An diesem Umschwung hat ein sehr wesentliches Verdienst die »Gesellschaft für Rheinische Geschichtskunde«, die sich entschlossen hat, das Wörterbuch nicht nur gleichfalls finanziell zu stärken, sondern sich mit der Akademie zu gemeinsamer Herausgabe des Werkes zu verbinden. Über das Ergebnis der noch schwebenden Verhandlungen wird im nächsten Jahre zu berichten sein. Der geplante Bund der Rheinischen Gesellschaft mit der Akademie scheint sachlich den besonderen Aufgaben des Rheinischen Idiotikons so glücklich zu entsprechen, daß diese Gemeinschaft auch für ähnliche Unternehmungen vorbildlich werden könnte.

Über die Arbeit am »Rheinischen Wörterbuch« berichtet das auswärtige Mitglied der Kommission, Hr. Franck in Bonn, das Folgende:

Im Laufe dieses Jahres wurden ausgegeben: 1. Nummer 2—3 der »Anfragen und Mitteilungen«, deren wissenschaftlicher Inhalt größtenteils wieder von Dr. Jos. Müller zusammengestellt ist; sie behandelt in Proben und Sammlungen die Wörter und Begriffe: *groß, Haar, Kartoffel, Lüge, Kaffee, magerer Mensch, kalt, altes Haus, Stubenhocker, Gefängnis, gleich und gleich gesellt sich gern, einträchtig handeln* u. a.; 2. die Probe II, die hauptsächlich den Zweck verfolgte, die Aufmerksamkeit der Mitarbeiter auf feste Redensarten ohne ausgeprägtes mundartliches Wortmaterial zu lenken. Außerdem haben Dr. Trense und Dr. Müller Anfragen in kleinerem Kreise ergehen lassen.

Da unsere bisherigen Versuche, die eine etwas ausgedehntere Tätigkeit und etwas eigenen Antrieb der Mitarbeiter erforderten, doch nur von beschränktem Erfolg waren, haben wir 2 Fragebogen mit bestimmten Einzelfragen fertiggestellt, die noch vor den Weihnachtsferien zunächst an die Seminare und Präparandenanstalten verschickt worden sind.

Der im vorigen Bericht erwähnte Erlaß des Kultusministeriums zur Unterstützung unserer Sache trägt uns zwar noch immer Zuschriften von einzelnen Schulbehörden ein, aber es läßt sich doch schon jetzt feststellen, daß auch er für wichtige Gebiete der Provinz den gewünschten Erfolg nicht gehabt hat.

In der Hauptsache müssen wir den Kreis unserer Mitarbeiter jetzt wohl als geschlossen ansehen. Dabei dürfen wir uns nicht verhehlen, daß ein sehr großer Teil der früher Angemeldeten uns nur für ganz bestimmte Einzelfragen von Nutzen sein wird. So ergibt sich immer klarer die Notwendigkeit, den Stoff im Laufe der Jahre durch persönliche Aufnahmen zu ergänzen. Als besonders erfreulich ist andererseits hervorzuheben, daß an einer Anzahl von Seminaren

und Präparandenschulen unter der Leitung einzelner Lehrer oder Lehrerinnen systematisch gesammelt wird.

Neuer Stoff ist weiter eingegangen, aber naturgemäß nicht mehr in der früheren Höhe, da die arbeitsfreudigen Helfer sich schon mehr oder weniger ausgegeben haben. Ein genauerer Bericht über die Tätigkeit unserer sammelnden Mitarbeiter ist in den »Anfragen und Mitteilungen« S. 50f. gegeben.

Hr. Dr. Gotzen von der Städtischen Bibliothek in Köln hat uns ein reichhaltiges Verzeichnis der mundartlichen Literatur in uneigennütziger Weise aus bloßem Interesse an der Sache geliefert, wofür ihm auch hier unser Dank ausgesprochen sei. Mit der Ausnutzung älterer Texte konnten erst schwache Anfänge gemacht werden, da es an Arbeitskräften fehlte.

Seit dem 19. März ist Hr. Dr. Hermann Teuchert aus Loppow, Kreis Landsberg a. W., als Assistent hier in Bonn für das Wörterbuch tätig, allerdings mit beschränkter Arbeitszeit. Er hat sich mit schnellem Verständnis in die ihm fremden rheinischen Mundarten hineingefunden. Neben ihm ist seit dem Sommer eine Dame und stundenweise eine weitere Hilfskraft beschäftigt.

Die Anzahl der vorläufig im Wörterbucharchiv fertiggestellten Zettel beläuft sich auf 40000, von denen 30000 alphabetisch eingeordnet sind. Dr. Jos. Müller schätzt die noch in seinem Besitz befindlichen fertigen Zettel auf 25000; Dr. Trense in Rheydt meldet 20000 fertige und geordnete Zettel an.

Forschungen zur Geschichte der neuhochdeutschen Schriftsprache.

Bericht des Hrn. Burdach.

Der weite Rahmen meiner im Auftrage der Akademie vorbereiteten Publikation *Vom Mittelalter zur Reformation*, die auf die mannigfachen Ziele einer aus den Quellen schöpfenden bildungsgeschichtlichen Forschung gerichtet, verschiedenartige Stoffgebiete durchpflügt, altdeutsches wie lateinisches Schrifttum gleichermaßen berücksichtigt und über die Grenzen zwischen philologischer Edition, Literarhistorie, Stil- und Sprachgeschichte, Geschichte und Diplomatik hin und her schreitend, danach streben muß, die Methoden getrennter Disziplinen zu vereinigen, verlangt an mehreren Stellen gleichzeitig Sammlung, Sichtung und Zurüstung zerstreutesten Materials. Hierbei stand mir außer zeitweiliger Unterstützung durch andere jüngere Hilfsarbeiter, die indessen sich alle meinem Unternehmen nur nebenher widmen konnten, von Anfang an dauernd und mit ungeteilter Kraft leider nur

Hr. Dr. Piur zur Seite. Seit dem 1. Oktober 1907 verfügte ich indessen auch über seine Hilfe nicht mehr unumschränkt, da er zur Sicherung seiner Existenz sich genötigt sah, in das Schulamt einzutreten. Daß ihm darin von den vorgesetzten Behörden auf mein Ersuchen Diensterleichterung gewährt wird, muß ich im Interesse meiner für die Akademie unternommenen Arbeiten dankbar anerkennen, und es ist das diesen zu Gute gekommen. Immerhin war es in Folge der Weitschichtigkeit meiner Aufgaben und in Folge der Notwendigkeit, an verschiedenen Orten zugleich vorausarbeitend Hand anzulegen, unter den bezeichneten Umständen mir im Verein mit meinem Assistenten auch im verflossenen Berichtsjahre noch nicht möglich, von den für die einzelnen Abteilungen und Bände vorbereiteten Editionen und Untersuchungen ein fertiges Ganzes an die Öffentlichkeit zu bringen.

Der gegenwärtige Stand meiner Arbeiten ist folgender:

Abteilung II. *Texte und Untersuchungen zur Vorgeschichte des deutschen Humanismus.*

Band 1. *Der Briefwechsel des Cola di Rienzo:* der Text dieser neuen kritischen, mit Hilfe des Hrn. Dr. Piur besorgten Ausgabe (vgl. Sitzungsberichte 1907, S. 78ff.), dessen endgültige Herstellung noch in letzter Stunde durch die erforderliche nochmalige, zeitraubende Heranziehung weiteren handschriftlichen Materials aus italienischen Bibliotheken und Archiven verzögert worden ist, befindet sich im Druck; der als besonderer, zweiter Teil erscheinende Kommentar (s. Sitzungsbericht 1907, S. 80f.) ist im wesentlichen abgeschlossen und kann sogleich nach der Drucklegung des Textes in den Druck gehen.

Band 2. *Aus Petrarcas ältestem deutschen Schülerkreis:* diese Publikation frühhumanistischer lateinischer Denkmäler aus der Handschrift 509 der Olmützer Metropolitankapitel-Bibliothek, deren Drucklegung bereits 1905 erfolgen sollte (s. Sitzungsberichte 1905, S. 141), habe ich zurückhalten müssen, da sich das zum Verständnis und zur Kritik einzelner darin enthaltener Stücke dienende Material vermehrt hat und so weitere Untersuchungen unumgänglich wurden, bei denen mich die HH. Dr. Piur und Dr. Anz zeitweise unterstützten; wenn ich an diese Arbeit die letzte Hand zu legen bisher durch die anschwellende Masse der übrigen Aufgaben verhindert gewesen bin, so hoffe ich, sie doch im Laufe dieses Jahres in den Druck geben zu können.

Band 3. *Briefwechsel Petrarcas und anderer italienischer Humanisten des XIV. Jahrhunderts mit deutschen Zeitgenossen:* hierfür sind die Vorarbeiten zum größeren Teile beendet; auch ist mit der Textherstellung

einer größeren Reihe von Briefen begonnen; für andere sind die nötigen Abschriften und Kollationen hergestellt. Erforderlich bleibt noch die Benutzung einiger Florentiner Codices, die teilweise Autographen sind, und einer Handschrift der Biblioteca Angelica in Rom; das Erscheinen des Bandes ist nach dem Rienzobande geplant.

Band 4. *Privatbriefe Kaiser Karls IV. und seines Kanzlers Johann von Neumarkt:* die Arbeit an diesem Bande, in dem alle rhetorisch bedeutenden Briefe der berühmten *Summa Cancellariae Karoli IV.* zum ersten Male in kritischer Gestalt und viele Briefe Johanns von Neumarkt aus anderen Sammlungen ans Licht treten, befindet sich in einem weit vorgerückten Stadium.

Abteilung III. *Die deutsche Prosaliteratur im Zeitalter der Luxemburger.*

Band 1. *Der Ackermann aus Böhmen:* der Text dieses von mir im Verein mit Hrn. Dr. Alois Bernt (Leitmeritz) herausgegebenen Werkes (s. Sitzungsberichte 1907, S. 81 f.) ist druckfertig.

Abteilung IV. *Texte und Untersuchungen zur Geschichte der ostmitteldeutschen Kanzleisprache.*

Band 1. *Ein schlesisch-böhmisches Formelbuch in lateinischer und deutscher Sprache aus der Wende des XIV. Jahrhunderts:* diese Veröffentlichung (vgl. darüber Sitzungsberichte 1907, S. 82 und S. 373) ist im wesentlichen druckfertig.

Band 2. *Aus den Anfängen der schlesischen Kanzleisprache:* der Text ist im wesentlichen druckfertig.

Humboldt-Stiftung.

Bericht des Hrn. Waldeyer.

Die für 1907 verfügbaren Mittel im Betrage von 9000 Mark sind als zweite Rate Hrn. Dr. Walther von Knebel zu seinen vulkanologischen Studien auf Island überwiesen worden.

Leider ist die Expedition des Hrn. von Knebel durch den Tod ihres Leiters, der diesen bei der Erforschung des vulkanischen Gebietes von Askja ereilte, jählings unterbrochen worden. Obwohl keine absolute Sicherheit vorliegt, muß angenommen werden, daß Hr. von Knebel mit einem seiner Begleiter, dem Maler Rudloff, beim Befahren eines der Kraterseen der genannten Gegend ertrunken ist. Es sind, zum Teil auf Kosten der Stiftung, weitreichende Nachforschungen zur Aufklärung des Unglücksfalles unternommen worden, haben aber bis jetzt noch nicht zur Auffindung der Leichen oder zu bestimmten Anzeichen geführt, daß in

der Tat der Tod durch Ertrinken erfolgt sei. Nach den Berichten des zur Zeit der Katastrophe in einer andern Gegend des Askjagebietes tätigen zweiten Begleiters des Hrn. von Knebel, des Hrn. Spethmann, sowie des Konsuls Havsteen bleibt aber kaum eine andre Annahme als die vorhin angegebene bezüglich des Unglücksfalles übrig. Die geologisch-paläontologische Wissenschaft verliert in Hrn. von Knebel eine ihrer tüchtigsten jungen Kräfte! — Falls noch aus dem Nachlasse des Hrn. von Knebel wissenschaftliche Mitteilungen über die Expedition sich ermöglichen lassen, wird über diese später berichtet werden.

Von frühern Unternehmungen der Humboldt-Stiftung liegen eine ganze Anzahl von Veröffentlichungen vor:

I. Weitere Ergebnisse der Planktonexpedition.
   Bd. 2. Ha: Karl Zelinka, Die Rotatorien.
   Bd. 3. La: Karl Brandt, Die Tintinnodeen. Systematischer Teil.
   Bd. 3. Lfβ: A. Popofsky, Die Acantharia. Teil 2: Acanthophracta.
   Bd. 3. Lh4: A. Borgert, Die tripyleen Radiolarien. Medusettidae. Kiel und Leipzig 1906/07.

II. H. Bücking, Über die Phonolithe der Rhön und ihre Beziehungen zu den basaltischen Gesteinen. Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1907, XXXVI, 18. Juli, S. 669—699.
   Eine zweite Publikation von Hrn. Bücking aus 1907 befindet sich lediglich bei den Stiftungsakten.

III. W. Volz, Vorläufiger Bericht über eine Forschungsreise zur Untersuchung des Gebirgsbaues und der Vulkane von Sumatra in den Jahren 1904—1906. Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1907, VI, 7. Februar, S. 127—140.
   Derselbe, Das geologische Alter der Pithecanthropusschichten bei Trinil, Ost-Java. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Festband 1907, S. 256—271.

IV. L. Schultze, Aus Namaland und Kalahari. Bericht an die Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin über eine Forschungsreise im westlichen und zentralen Südafrika, ausgeführt in den Jahren 1903—1905. Jena 1907.

V. Von der durch Hrn. Thilenius ausgeführten Forschungsreise nach Australien, die insbesondere der Untersuchung von Hatteria gewidmet war, sind eine Reihe weiterer Publikationen, die von Hrn. Prof. Burckhardt in Basel und unter dessen Leitung verfaßt worden sind, eingelaufen.
   1. Julia Gisi: Das Gehirn von Hatteria punctata, Naumburg a. S., Lippert & Co., 1907.

2. Ernst Sauerbeck, Basel: Eine Gehirnmißbildung bei Hatteria punctata. Nova acta. Abh. der Kais. Leop.-Carol. deutschen Akademie der Naturforscher, Bd. LXXXV Nr. 1, Halle 1905.
3. Rud. Burckhardt, Basel: Das Zentralnervensystem der Selachier. Ebendaselbst, Bd. LXXIII Nr. 2, Halle 1907.

Dieses Werk Burckhardts beruht zum Teil auf Material, welches ihm durch Hrn. Thilenius übergeben worden war.

VI. Eine Reihe von Veröffentlichungen des Hrn. Prof. Dr. H. Klaatsch in Breslau über die Ergebnisse seiner australischen Reise, im ganzen zwei weitere Reiseberichte, abgedruckt in der Zeitschrift für Ethnologie 1906 und 1907, ferner »Ergebnisse meiner australischen Reise«, Korrespondenzblatt der deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. XXXVIII. Jahrgang, Nr. 9—12, Braunschweig 1907.

Die für 1908 verfügbaren Mittel betragen in runder Summe 3300 Mark.

Savigny-Stiftung.

Bericht des Hrn. Brunner.

I. Vom Vocabularium Jurisprudentiae Romanae ist im verflossenen Geschäftsjahre Band II, Heft 1 (dactylotheca – doceo), bearbeitet von Hrn. Grupe in Buschweiler erschienen. Von Band III, dessen Bearbeitung Hr. Hesky in Wien übernommen hat, sind die beiden ersten Bogen (habeo) gedruckt. Bogen 3 ist im Satz. Der Bearbeiter des vierten Bandes, Hr. Braszloff in Wien, hat noch kein Manuskript eingeliefert. Von Band V (v—z) sind die ersten 5 Bogen (radicitus — rescribo) gedruckt. Mit der Herstellung weiteren Manuskriptes ist der Bearbeiter, Hr. Volkmar in Berlin beschäftigt.

II. Über die Neubearbeitung von Homeyers Werk »Die deutschen Rechtsbücher und ihre Handschriften« berichten die HH. Borchling in Posen und Julius Gierke in Königsberg, daß das Verzeichnis der Handschriften ergänzt und berichtigt und eine Anzahl von Nummern druckfertig gestellt worden sei. Durch Aufnahme der Handschriften des alten Kulm und der landläufigen Kulmischen Rechte hat das Verzeichnis einen Zuwachs von etwa 30 Nummern erfahren. Die im vorjährigen Berichte in Aussicht genommene Reise nach Schlesien, Sachsen und Böhmen hat Hr. Borchling wegen Erkrankung auf Ostern 1908 verschieben müssen.

III. Über die Arbeiten an dem zweiten Band der Magdeburger. Schöffensprüche ist ein Bericht in diesem Jahre nicht eingelaufen.

IV. Von den für das Jahr 1906 verfügbaren Zinsen der Savigny-Stiftung sind 3 200 Mark für die Zwecke des Wörterbuchs der älteren deutschen Rechtsprache und 1 200 Mark Hrn. Hermann U. Kantorowicz für die Herausgabe des inzwischen erschienenen ersten Bandes seines Werkes: »Albertus Gandinus und das Strafrecht der Scholastik« bewilligt worden.

Bopp-Stiftung.

Bericht der vorberatenden Kommission.

Am 16. Mai 1907 hat die Königliche Akademie der Wissenschaften den Jahresertrag der Bopp-Stiftung in zwei Raten verliehen, und zwar die größere Rate in Höhe von 900 Mark Hrn. Prof. Dr. Max Walleser in Säckingen in Anerkennung und zur Fortsetzung seiner Arbeit über die philosophische Grundlage des älteren Buddhismus, die kleinere von 450 Mark Hrn. Oberlehrer Dr. Johannes Hertel in Döbeln zur Fortsetzung seiner Arbeiten über die Geschichte des Pañcatantra.

Hermann und Elise geb. Heckmann Wentzel-Stiftung.

Bericht des Curatoriums.

Aus den im Jahre 1907 verfügbar gewordenen Stiftungserträgnissen sind bewilligt worden:

6000 Mark zur Fortführung des Wörterbuchs der deutschen Rechtssprache,

4000 Mark zur Fortführung der Ausgabe der ältesten griechischen christlichen Schriftsteller,

4000 Mark zur Fortführung der Prosopographie der römischen Kaiserzeit, Jahrh. IV—VI,

4000 Mark als zweite Rate der Beihülfe zur Herausgabe des Voeltzkow'schen Reisewerkes,

1000 Mark als erste Rate eines Zuschusses zur Herausgabe einer Karte des westlichen Kleinasiens von Prof. A. Philippson.

Der letztgenannte Reisende der Stiftung bearbeitet auf Grund seiner Aufnahmen zunächst eine topographische Karte im Massstab 1 : 300000, die Kleinasien vom Aegäischen Meer bis 30° 10′ Ost v. Gr. umfassen und in 6 Blättern bei J. Perthes in Gotha erscheinen soll. Das Curatorium hat beschlossen, dieses Unternehmen mit dem vom

Verleger verlangten Zuschuss zu unterstützen, während weiter eine geologische Ausgabe nach Vollendung der topographischen Karte von der Verlagshandlung veranstaltet werden wird.

Der Druck an den Bänden II und IV des Voeltzkow'schen Reisewerkes ist fortgegangen, erschienen ist im Berichtsjahr das 2. Heft von Bd. II mit neun kleineren entomologischen Arbeiten.

Über den Fortgang der älteren Unternehmungen der Stiftung berichten die hier folgenden Anlagen I und II.

Anl. I.

Bericht der Kirchenväter-Commission für 1907.

Von Hrn. Harnack.

An Stelle des verstorbenen Mitglieds der Commission, Hrn. von Gebhardt, wurde Hr. Holl, ordentl. Professor der Kirchengeschichte an der Universität Berlin, gewählt.

1. Ausgabe der griechischen Kirchenväter.

In dem Jahre 1907 ist der 17. Band der Kirchenväter-Ausgabe erschienen, nämlich:

Eusebius, Werke Bd. 2, Teil 2: Die Kirchengeschichte, Buch VI—X (hrsgeg. von Schwartz und Mommsen †).

Im Druck befinden sich zwei Bände, nämlich:

Der Einleitungsband zur Kirchengeschichte des Eusebius (hrsgeg. von Schwartz), und

Die Apokalypse des Esra (hrsgeg. von Violet).

Der Vollendung nahe ist das Manuskript für die Drucklegung des Werks *Περὶ ἀρχῶν* des Origenes (hrsgeg. von Koetschau).

Eine größere Unterstützung, um sich ganz der Vollendung der Ausgabe des Clemens Alexandrinus widmen zu können, erhielt Hr. Stählin. Ferner wurden beträchtliche Summen auf Herstellung photographischer Reproduktionen von Handschriften verwendet (für die Arbeiten der HH. Ehrhard, Preuschen, Bidez, Parmentier, Stählin und Frl. von Wedel). Durch diese Reproduktionen wurden kostspielige Reisen, die sonst nötig gewesen wären, vermieden. Unterstützt wurde endlich Hr. Karst zur Vollendung seiner Ausgabe des armenischen Eusebius.

Von dem »Archiv für die Ausgabe der älteren christlichen Schriftsteller«, in dessen Redaktion Hr. Carl Schmidt an Stelle des Hrn. von Gebhardt eingetreten ist, wurden sechs Hefte ausgegeben, nämlich:

Bd. XVI (XXXI) Heft 2a: Bonwetsch, Die unter Hippolyts Namen überlieferte Schrift über den Glauben.

Bd. I (XXXI) Heft 2 b: Koch, Vincenz von Lerinum und Gennadius. Derselbe, Virgines Christi. Die Gelübde der gottgeweihten Jungfrauen in den ersten drei Jahrhunderten.

Bd. I (XXXI) Heft 3: Schermann, Propheten- und Apostellegenden. Nebst Jüngerkatalogen des Dorotheus usw.

Bd. I (XXXI) Heft 4: Schalkhausser, Zu den Schriften des Makarios von Magnesia.

Bd. II (XXXII) Heft 1: Carl Schmidt, Der erste Clemensbrief in koptischer Übersetzung.

Bd. II (XXXII) Heft 2 a: Dombart, Zur Textgeschichte der Civitas Dei Augustins.

2. Prosopographia imperii Romani saec. IV—VI.

Die Arbeiten gingen in ordnungsgemäßer Weise fort. Hr. Jülicher, der Leiter der kirchengeschichlichen Abteilung, ist, nachdem das Material so gut wie abgeschlossen vorliegt, mit der Gestaltung und kritischen Ordnung desselben beschäftigt. Hr. Seeck, der Leiter der profangeschichtlichen Abteilung, läßt, nachdem die Untersuchung des Libanius abgeschlossen ist, nunmehr die großen byzantinischen Chronographen und Literarhistoriker sowie neben den lateinischen auch die griechischen Inschriftenwerke exzerpieren. Die Arbeit an den letzteren ist durch Hrn. Groag und seine Mitarbeiter sehr gefördert worden. Unter der Leitung der HH. Ehrhard und Pfeilschifter wurde die Exzerpierung der Acta Sanctorum fortgesetzt und nähert sich dem Abschlusse.

Anl. II.

Bericht der Kommission für das Wörterbuch der deutschen Rechtssprache, für das Jahr 1907.

Von Hrn. Brunner.

Die akademische Kommission in Sachen des Rechtswörterbuchs trat am 7. April 1907 in Heidelberg zu ihrer siebenten Sitzung zusammen. Anwesend waren die HH. Brunner, Frensdorff, Roethe, Schroeder, Freiherr von Schwind und die Herren Mitarbeiter Freiherr Dr. von Künssberg, Dr. Perels und Dr. Wahl. Die Kommission prüfte den Stand des Zettelarchivs durch Stichproben, beriet über Quellen, die noch verzettelt oder ausgezogen werden sollen und über die im Entwurf vorgelegten Siglenverzeichnisse. Auf Grund der Prüfung des Archivbestandes beschloß sie die Ausarbeitung der Wortartikel zunächst für die Rechtswörter von A bis Am systematisch in Angriff zu nehmen. Für diese soll eine Wortliste angelegt und zum Zweck der Überprüfung und der Verteilung der Wortartikel in Umlauf gesetzt werden.

Bericht des Hrn. Schroeder.

Entsprechend den von der Kommission gefaßten Beschlüssen wurde, unter zeitweiliger Zurückstellung anderer Arbeiten, eine Stammliste der Rechtswörter von A bis Am angelegt; ebenso eine Liste der im Wörterbuche zu verwendenden Siglen, nachdem ein erster Entwurf bei der Kommission in Umlauf gesetzt und von dieser begutachtet worden war. Beide Listen sollen vervielfältigt und den Bearbeitern zugestellt werden. Von den Hilfsarbeitern Dr. von Künssberg, Dr. Perels und Dr. Wahl wurden einzelne, dem Buchstaben A angehörige Probeartikel verfaßt und der Kommission zur Begutachtung vorgelegt. Am 1. November ist Dr. jur. Ferdinand Bilger als weiterer ständiger Hilfsarbeiter eingetreten, so daß die durch die anderen Aufgaben verursachten Rückstände nunmehr werden aufgearbeitet werden können.

Die Vervielfältigungsarbeiten sind durch Anschaffung einer Schreibmaschine wesentlich erleichtert worden. Als Grundstock für eine als unentbehrlich erkannte Handbibliothek wurden verschiedene Wörterbücher angekauft, für welche die Kommission die Mittel bewilligt hat. Die Beschleunigung der Arbeiten hat dadurch eine wesentliche Förderung erfahren.

In den Zettelschatz des Archives wird auch das bisherige Rechtswörterverzeichnis aufgenommen, obwohl die Umschreibung auf die für das Archiv bestimmten Zettelformulare einen großen Arbeitsaufwand erfordert. Der Umfang des Zettelschatzes hat sich in dem abgelaufenen Jahre bedeutend vermehrt und dürfte die Zahl von 500000 bereits übersteigen. Über die im Laufe des Jahres ausgezogenen Quellen gibt das unten folgende Verzeichnis Auskunft. Das Neuhinzugekommene ist weniger zahlreich als in den letzten Jahren, weil die ständigen Hilfsarbeiter sich wegen der anderen Aufgaben weniger mit dem Exzerpieren beschäftigen konnten.

Auch im Jahre 1907 sind uns eine Reihe erwünschter Einzelbeiträge, zumal solcher aus ungedruckten Quellen, zugegangen, so insbesondere von den HH. Prof. von Amira in München, Dr. Bilger in Wien (jetzt Heidelberg), Landesgerichtsrat H. Blank in St. Peter in der Au, Dr. Fehling und Dr. Finke in Heidelberg, Prof. Förster in Würzburg, Oberst a. D. Freiherrn von Guttenberg in Würzburg, Dr. Heerwagen in Nürnberg, Prof. His in Königsberg, Dr. Königer in München, Oberarchivassessor Dr. Mehring in Stuttgart, Dr. jur. Lambert Graf von Oberndorff in Heidelberg, Archivar Dr. Schauss in Wiesbaden, Oberbibliothekar Geh. Hofrat Dr. Wille in Heidelberg. Möge der überaus dankenswerte Vorgang der genannten Herren in immer weiteren

Kreisen Nachahmung finden. Bei den Arbeiten der Wiener Kommission war die Unterstützung durch Hrn. Prof. Zycha in Prag hinsichtlich der Ausbeutung der deutsch-böhmischen Quellen besonders wertvoll.

Verzeichnis der im Jahre 1907 ausgezogenen Quellen.

(Die Beiträge der österreichischen Kommission sind mit ** bezeichnet.)

Abel, P., Veraltende Bestandteile des mhd. Wortschatzes. 1902: Dr. von Künssberg.
Althochdeutsche Glossen, gesammelt und bearbeitet von Steinmeyer und Sievers (fortgesetzt): Dr. von Künssberg.
Augsburg, Stadtrecht (vollendet): Dr. Coblenzer, München.
Bech, F., Lexikalische Beiträge aus Pegauer Handschriften des 14. und 15. Jhs. 1887: Dr. von Künssberg.
**Beiträge zur Kunde steirischer Geschichtsquellen. 12. bis 26. Jahrg.: jur. Bayer, Wien (Seminar von Schwind).
Berlinisches Stadtbuch, hrsg. v. Clauswitz 1883: Dr. E. Behre, Berlin.
Berthold von Regensburg, hg. Pfeiffer u. Strobl. Wien 1862. 1880: Dr. Kotzenberg, Berlin.
Bibliothek der ältesten deutschen Literaturdenkmäler, 2. bis 5.: Dr. von Künssberg.
Bremen, Urkundenbuch, hrsg. R. Ehmck und W. von Bippen, 1. und 2.: Assessor W. Ernst, Berlin.
Bogen, Privileg von 1341 (Verh. d. hist. Ver. f. Niederbayern 43, 107): Dr. Paul Hradil, Graz.
Chroniken der deutschen Städte, 10. und 11.: Dr. Schmeidler, Berlin.
**Egerer Schöffengericht, Achtbuch 1310—1390, 1. Teil, hrsg. v. Sigl: jur. F. Saudny, Prag (Seminar Zycha).
Emdener Brücheregister 15. Jh. Jahrb. d. Ges. f. bild. Kunst zu Emden. 7, 14 ff.: Prof. His, Königsberg.
Fruin, De middeleeuwschen rechtsbronnen der kleinen steden van het sticht van Utrecht, 1. und 2.: Prof. van Vleuten, Lausanne.
Gesamtabenteuer, hrsg. F. H. von der Hagen, 3 Bde.: Dr. Kotzenberg, Berlin.
Johansen, Chr. Die nordfriesische Sprache. Kiel 1862: Dr. Wahl, Frankfurt a. M.
Kehrein, J., Sammlung alt- und mitteldeutscher Wörter aus lateinischen Urkunden 1863: Dr. von Künssberg.
Klöntrupp, Alphabetisches Handbuch der Rechte des Hochstifts Osnabrück, 3 Bde.: Dr. von Künssberg.
Lamprecht, K., Deutsches Wirtschaftsleben, 3.: Privatdozent Dr. von Möller, Berlin.
Landshut, Bestätigungsbrief 1321 (Verh. d. hist. Ver. f. Niederbayern 18, 81): Dr. Paul Hradil, Graz.
Liebegott, Der Brandenburgische Landvogt. Halle 1906: Dr. Leopold Perels.
**Magdeburger Schöffensprüche für Brüx, hrsg. v. Schlesinger (Mitt. d. Ver. f. Gesch. der Deutschen in Böhmen 21): jur. W. Langer, Prag (Seminar Zycha).
Monumenta Boica, 45. und 46. (teilweise): Dr. Oberseider, München.
**Monumenta historica ducatus Carinthiae, 3. und 4.: Prof. Puntschart, Graz.
**Monumenta Egrana, hrsg. v. H. Gradl, Bd. 1: jur. J. Goll, Smichow (Seminar Zycha).
Monumenta Germaniae historica, Diplomatum Karolinorum tomus I: Dr. Leopold Perels.
**Monumenta Hungariae juridico-historica, tom. V, pars 2: jur. R. Zankl, Wien (Seminar von Schwind).
Monumenta Zollerana, 3. und 4.: Dr. H. Heerwagen, Nürnberg.
Neue Mitteilungen aus dem Gebiet hist.-antiqu. Forschungen, 21. Bd.: Rechtspraktikant L. Kemmer, Karlsruhe.
**Olmütz, Stadtbuch des Wenzel von Iglau, hrsg. v. Saliger: jur. F. Bauer, Prag (Seminar Zycha).
**Privilegien der Stadt Eger, hrsg. v. Gradl: jur. J. Goll, Smichow (Seminar Zycha).
**Quellen zur Geschichte der Stadt Wien. II, 3: Dr. Paul Hradil, Graz.
Rheinische Urbare, Bd. 1: Dr. Bilger.
Salbücher des Amtes Marburg. Zeitschr. d. Ver. f. hess. Gesch. NF. 29, 172: Prof. His, Königsberg.

**Salzburg, Landesordnung 1328: jur. R. Zankl, Wien (Seminar von Schwind).
Sankt Gereon, Urkundenbuch von: Dr. Bilger.
**Schlesinger, Deutsch-böhmische Dorfweistümer: jur. H. Tersch, Prag (Seminar Zycha).
Schück, R., Brandenburg-Preußens Kolonialpolitik. 2 Bde.: Dr. Leopold Perels.
Schwabenspiegel, Lehnrecht (vollendet): Assessor W. Ernst, Berlin.
Sello. Beiträge z. Geschichte d. Landes Würden, Oldenburg 1841: Prof. His, Königsberg.
Siegburg. Quellen zur Rechts- u. Wirtschaftsgeschichte der rheinischen Städte. I. Siegburg: Prof. van Vleuten, Lausanne.
**Stadtbuch von Falkenau, hrsg. v. Rietsch: jur. Langhammer, Prag (Seminar Zycha).
Steiermark, Urkundenbuch von, hrsg. v. Zahn, 1. und 2.: Dr. von Künssberg.
**Tomaschek, Deutsches Recht in Österreich: jur. Hudecik (Seminar Zycha).
**Trient, Die ältesten Statuten, hrsg. v. Tomaschek: jur. Zankl (Seminar von Schwind).
Uhland, Alte hoch- u. niederd. Volkslieder: Dr. von Künssberg und E. Rosegger.
Westfälisches Urkundenbuch, D, 3. und 6.: Dr. von Künssberg.
Wirtembergisches Urkundenbuch, 9. und 10.: Dr. Mehring, Stuttgart.
Württembergische Geschichtsquellen, hrsg. v. Statist. Landesamt, 1. bis 4.: Dr. Mehring, Stuttgart.
Württembergische Geschichtsquellen, hrsg. v. d. Kommission f. Landesgeschichte, 2. bis 4.: Dr. Mehring, Stuttgart.

Akademische Jubiläums-Stiftung der Stadt Berlin.

Bericht des Hrn. Waldeyer.

Im Jahre 1906 sind die Verhandlungen mit Frau Prof. Selenka, München, über neue Ausgrabungen in Trinil auf Java zum Abschlusse gekommen. Der Zweck des Unternehmens war einmal, das geologische Alter der betreffenden Schichten nach Möglichkeit genau festzustellen und dann nach etwaigen weitern Resten von Pithekanthropus zu suchen. Da feststand, daß die betreffende Fundstätte noch ein großes Material wichtiger Fossilien birgt und die Berliner Museen von Trinil nur wenig besitzen, so erschien das Unternehmen, selbst wenn keine weitern Pithekanthropusfunde gemacht würden, dennoch empfehlenswert.

Frau Selenka hat in Begleitung der HH. Dr. Elbert und Dr. Moszkowski im Frühjahr 1907 ihre Reise angetreten, und die Ausgrabungen sind bis zum 15. Oktober 1907 fortgesetzt worden. Leider traten zwischen Frau Prof. Selenka und ihren obengenannten wissenschaftlichen Beratern Mißhelligkeiten auf; indessen ist eine reiche Ausbeute von Fossilien gemacht worden, von denen ein Teil bereits in Berlin eingetroffen ist, der Rest in Kürze erwartet werden darf. Für Hrn. Dr. Elbert trat auf einige Zeit Hr. Dr. Deninger (Freiburg i. B.) ein und zuletzt Hr. Dr. Carthaus in Java. Sobald sämtliches Fundmaterial eingetroffen ist, wird die Bearbeitung desselben in Angriff genommen werden.

Für das Jahr 1908 stehen in runder Summe abermals 14000 Mark zur Verfügung.

Die Jahresberichte über die Monumenta Germaniae historica, das Kaiserliche Archaeologische Institut und den Thesaurus linguae latinae werden in den Sitzungsberichten veröffentlicht werden, nachdem die betreffenden Jahressitzungen stattgefunden haben.

Schliesslich wurde über die seit dem Friedrichs-Tage 1907 (24. Januar) bis heute unter den Mitgliedern der Akademie eingetretenen Personalveränderungen Folgendes berichtet:

Die Akademie verlor durch den Tod die ordentlichen Mitglieder der physikalisch-mathematischen Classe Wilhelm von Bezold, Karl Klein und Hermann Karl Vogel; die auswärtigen Mitglieder derselben Classe Marcelin Berthelot in Paris und Lord Kelvin in Netherhall, Largs; das Ehrenmitglied Se. Majestät König Oskar II. von Schweden; die correspondirenden Mitglieder der physikalisch-mathematischen Classe Dmitrij Mendelejew in St. Petersburg, Henri Moissan in Paris und Moritz Loewy in Paris; die correspondirenden Mitglieder der philosophisch-historischen Classe Ferdinand Justi in Marburg, Antonio Maria Ceriani in Mailand, Friedrich Blass in Halle a. S., Theodor Aufrecht in Bonn und Kuno Fischer in Heidelberg.

Neu gewählt wurden zum ordentlichen Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe Heinrich Rubens; zum ordentlichen Mitglied der philosophisch-historischen Classe Andreas Heusler; zu correspondirenden Mitgliedern der physikalisch-mathematischen Classe Karl Graebe in Frankfurt a. M. und Otto Wallach in Göttingen; zu correspondirenden Mitgliedern der philosophisch-historischen Classe Friedrich von Bezold in Bonn, Arthur Chuquet in Villemomble (Seine), Gabriel Monod in Versailles, Moriz Ritter in Bonn, Christian Hülsen in Rom, Bernard Haussoullier in Paris, Karl Robert in Halle a. S., Eduard Schwartz in Göttingen, James Henry Breasted in Chicago und Julius Euting in Strassburg.

Ausgegeben am 30. Januar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
V.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

30. Januar. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

*1. Hr. Lenz las über einen Reformversuch des Ministers von Massow in Bezug auf die medicinischen Unterrichtsanstalten des preussischen Staates (1802).

Der Plan war ein Stück der Unterrichtspolitik Massow's, die eine Auflösung der Universitäten in Fachschulen bezweckte. Den Beginn machte er mit der Medicin, da es hier bereits eine Fachschule gab, das Collegium medico-chirurgicum in Berlin. Massow wollte dieselbe zu einer Oberschule für den praktischen Unterricht machen, den theoretischen Unterricht aber auf zwei Facultäten (Halle und Königsberg; Frankfurt und Duisburg sollten aufgehoben werden) beschränken. Hierzu hatten Reil und Hufeland zwei Gutachten geschrieben, deren Differenzen unter einander, wie zu Massow's Ideen geschildert wurden, woran sich eine vergleichende Charakteristik beider grossen Ärzte schloss.

2. Hr. Schottky machte eine zweite Mittheilung über Beziehungen zwischen veränderlichen Grössen, die auf gegebene Gebiete beschränkt sind.

Die Mittheilung gibt eine Fortsetzung der Untersuchungen, deren erster Theil sich im Sitzungsbericht der physikalisch-mathematischen Classe vom 19. December 1907 findet.

3. Hr. Pischel legte eine Mittheilung des Hrn. Dr. E. Sieg in Berlin vor: Neue Bruchstücke der Sanskrit-Grammatik aus Chinesisch-Turkistan. (Ersch. später.)

Die Mittheilung ist eine Fortsetzung der in den Sitzungsberichten von 1907, S. 466 ff. veröffentlichten Arbeit. Sie gibt drei neue Bruchstücke, eins in Śāradā-, zwei in Brāhmī-Schrift, von denen die beiden letzten die Grammatik mit Commentar enthalten. Durch das unter II behandelte Bruchstück wird der Werth einiger bisher unbekannter Lautzeichen bestimmt.

4. Die folgenden Druckschriften wurden vorgelegt: Inscriptiones Graecae. Vol. XII. Inscriptiones insularum maris Aegaei praeter Delum. Fasc. 7. Inscriptiones Amorgi et insularum vicinarum ed. I. Delamarre. Berolini 1908; A. Harnack, Die Apostelgeschichte. (Heft III der Beiträge zur Einleitung in das Neue Testament.) Leipzig 1908; L. De-

LISLE, Recherches sur la librairie de Charles V. Paris 1907; Souvenirs du Baron de Frénilly. Publiés par A. CHUQUET. Paris 1908; P. ASCHERSON und P. GRAEBNER, Synopsis der mitteleuropäischen Flora. Lief. 54. 55. Leipzig 1907; Libanii opera rec. R. FOERSTER. Vol. 4. Lipsiae 1908.

Die Akademie hat das correspondirende Mitglied ihrer philosophisch-historischen Classe Baron VICTOR VON ROSEN in St. Petersburg am 23. Januar durch den Tod verloren.

Über Beziehungen zwischen veränderlichen Grössen, die auf gegebene Gebiete beschränkt sind.

Von F. SCHOTTKY.

Zweite Mittheilung.

§ 3.

Um die Art der Transformationen genauer festzustellen, die y erfährt, wenn x einen Grenzpunkt oder eine Grenzlinie von A umkreist, nehmen wir an, dass die einzelnen Grenzlinien reguläre analytische Curvenzüge sind, z. B. vollständige Kreise oder Ellipsen. Darin liegt keine wesentliche Beschränkung, da man durch conforme Abbildung der Fläche immer erreichen kann, dass die Randlinien reguläre Curven werden.

Wesentlicher ist folgendes. Wir fordern von der aufzustellenden Beziehung (x, y), dass y nicht nur im Innern, sondern auch an den Randlinien von A eine reguläre Function von x ist, dass ferner in der Nähe jedes Grenzpunktes entweder y selbst, oder eine reelle lineare Function von y, sich darstellen lässt in der Form $-i\log(E)$, wobei E eine Function von x bedeutet, die an der betrachteten Grenzstelle regulär ist und in ihr von der ersten Ordnung verschwindet. In den durchgeführten Specialfällen sind diese Annahmen erfüllt. Die Frage, ob und in welcher Weise sie sich als nothwendige Folge der alten Voraussetzungen herausstellen, kann übergangen werden.

Aus der zweiten Annahme folgt, dass bei der Umkreisung des Grenzpunktes a jeder Zweig von y eine lineare Transformation erfährt, deren sich selbst entsprechende Punkte zusammenfallen. Es ist also nur ein Werth, dem ein Zweig von y zustrebt, wenn man x den Punkt a unendlich oft umkreisen lässt, im positiven oder im negativen Sinne. Es ist dies zugleich der reelle Werth, den y im Punkte a hat; denn $\log(E)$ wird sowohl dadurch unendlich, dass man x unendlich oft den Punkt a umkreisen lässt, als auch dadurch, dass x sich dem Punkte a nähert.

Definirt man ferner eine Grösse p durch die Gleichungen

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{u^2}, \quad \frac{d^2u}{dx^2} + pu = 0,$$

so ist p eine im Innern und an der Grenze von A eindeutige reguläre Function von x. Sie verschwindet für $x = \infty$, falls dieser Punkt nicht zu den Grenzpunkten gehört, von der vierten Ordnung. Unendlich wird sie nur in den Grenzpunkten, und zwar von der zweiten Ordnung; das Product $(x-a)^2 p$ hat den Werth $\frac{1}{4}$ für $x = a$.

In dem besonderen Fall, wo nur Grenzpunkte vorhanden sind und keine Grenzlinien, ist demnach p eine rationale Function von x. Bestimmt man, den obigen Angaben entsprechend, den Ausdruck von p, so enthält derselbe, abgesehen von den Werthen a, noch eine Reihe von Coefficienten, die zunächst willkürlich sind; sie sind natürlich so zu bestimmen, dass die linearen Transformationen, die y erfährt, wenn x die singulären Punkte umkreist, reell werden.

Da y in der ganzen x-Ebene, abgesehen von den singulären Punkten, nur Werthe annimmt, deren zweite Coordinate positiv ist, so ist die eindeutige Function $x = \psi(y)$ nicht über die Grenze der positiven Halbebene fortsetzbar.

Wir lassen jetzt diesen speciellen Fall beiseite. Der Voraussetzung nach ist y an den Randlinien regulär, also fortsetzbar über die Grenze von A hinaus. Es nimmt ausserdem y an den Randlinien nur reelle Werthe an. Denn denken wir uns von einem Punkte x_0 im Innern von A, beliebig nahe einer Randlinie, eine kleine Strecke $x_0 x_1$ gezogen, die durch die Grenze hindurchgeht, so muss auch die entsprechende Linie $y_0 y_1$ durch die Grenze von B hindurchgehn; andernfalls würde der inneren Linie $y_0 y_1$ eine Linie $x_0 x_1$ entsprechen, die das Innere von A verlässt, was unmöglich ist.

Es sei y_0 der reelle Werth, den ein Zweig von y in dem Punkte x_0 einer Randlinie annimmt. Dann kann $y - y_0$ im Punkte x_0 nur von der ersten Ordnung verschwinden, denn sonst würde y nicht nur auf der Randlinie reell sein, sondern auch auf bestimmten von x_0 aus in das Innere von A führenden Linien. Dies ist unmöglich. Hieraus folgt, dass die Function $\psi(y)$ in dem Punkte y_0 der Grenze von B regulär ist. Ist andererseits y_0 ein Punkt auf der Grenze von B, in dem sich $\psi(y)$ regulär verhält, dann muss der entsprechende Punkt $x_0 = \psi(y_0)$ auf einer Randlinie von A liegen, und es ist zugleich ein Zweig von y definirt, der im Punkte x_0 den Werth y_0 hat.

Denken wir uns nun, dass der Punkt x von x_0 aus die Randlinie beliebig oft durchläuft, in dem Sinne, dass das Innere von A zur Linken bleibt. Dann muss, da innerhalb A die zweite Coordinate von y positiv

ist, auf der Randlinie sich y beständig im positiven Sinne ändern. Es ist nicht ausgeschlossen, dass y an einer Stelle unendlich wird. Dann geht y beim Durchgange durch diese Stelle von $+\infty$ zu $-\infty$ über. Aber es ist nicht möglich, dass y die ganze reelle Linie durchläuft, wenigstens dann nicht, wenn mehr als eine Randlinie vorhanden ist, denn sonst würden für die übrigen Randlinien keine Werthe übrig bleiben. Demnach wird, wenn wir x auf eine Randlinie von A beschränken, y beschränkt auf eine begrenzte Strecke der reellen Linie. Die Endpunkte η, η' werden nie erreicht; sie würden unendlich oft wiederholten Umläufen im positiven oder negativen Sinne entsprechen und sind nur als Grenzwerthe zu betrachten. Beachtet man, dass auf diese Weise jeder Zweig von y längs jeder Randlinie verfolgt werden kann, so erhält man auf der reellen Linie der y-Ebene unendlich viele sich nicht deckende Strecken; innerhalb jeder Strecke ist die Function $\psi(y)$ regulär; die Endpunkte aber sind singulär. Natürlich sind zu den singulären auch die Häufungsstellen der Endpunkte zu rechnen.

Es gehe y bei einmaligem Umgange um eine Randlinie in $\chi(y)$, bei $n$maligem in $\chi_n(y)$ über. Die Grenze von $\chi_n(y)$ ist dann η für $n = +\infty$, η' für $n = -\infty$; η und η' sind demnach die sich selbst entsprechenden Punkte der Transformation $y' = \chi(y)$, und diese Transformation kann so dargestellt werden:

$$\frac{y'-\eta}{y'-\eta'} = q\cdot\frac{y-\eta}{y-\eta'}.$$

Hierbei ist q eine positive Grösse, denn y und y' liegen zwischen den reellen Werthen η, η', wenn x auf die Randlinie beschränkt wird.

Die Function $x = \psi(y)$ ist in der positiven Halbebene regulär und eindeutig; sie lässt sich, durch die definirten Strecken hindurch, in die negative fortsetzen. In der letzteren ist aber $\psi(y)$ nicht eindeutig, und noch viel weniger der Zweig von $\psi(y)$, den wir erhalten, wenn wir durch irgend eine andere Strecke in die positive Halbebene zurückkehren. Dagegen sind die charakteristischen Functionen der Fläche A, angesehen als abhängig von y, in der ganzen y-Ebene eindeutig und regulär, mit Ausnahme der bereits definirten Punkte der reellen Linie. Der in meiner Dissertation eingeführte Begriff der charakteristischen Functionen einer Fläche zeigt sich demnach als fundamental auch für das Carathéodory'sche Problem, das dem der conformen Abbildung mehrfach berandeter ebener Gebiete entschieden verwandt ist.

Wir müssen absehen von den vorhandenen Grenzpunkten des Gebietes A. Dasjenige Gebiet, das nur durch die Randlinien von A

begrenzt wird, nennen wir $\mathfrak{A}$. Da die Linien als reguläre Curven angenommen sind, so lassen sich die charakteristischen Functionen von $\mathfrak{A}$ definiren als diejenigen im Innern und an der Grenze von $\mathfrak{A}$ eindeutigen regulären Functionen von x, die an der Grenze reelle Werthe haben. Von ihnen gilt folgendes (vgl. meine Dissertation, oder die unter gleichem Titel im Journ. f. Math., Bd. 83 erschienene Arbeit):

Sie sind unter einander durch algebraische Gleichungen verbunden, und zwar lassen sich auf unendlich viele Arten zwei unter ihnen auswählen: $s = f(x)$, $t = g(x)$, durch die alle andern rational mit reellen Coefficienten ausgedrückt werden. Das Riemann'sche Geschlecht σ der algebraischen Gleichung $g(s, t) = 0$, die zwischen s und t besteht, ist um 1 kleiner als die Zahl der Randlinien von $\mathfrak{A}$. Ist x_0 ein beliebiger Punkt im Innern oder auf der Grenze von $\mathfrak{A}$, so giebt es charakteristische Functionen von x — also rationale von s, t —, die in x_0 von der ersten Ordnung verschwinden. Ist τ eine solche, so kann man x in eine reguläre Potenzreihe von τ entwickeln und deshalb sagen, dass nicht nur s und t sich im Punkte x_0 regulär verhalten, sondern auch x an der entsprechenden Stelle des algebraischen Gebildes eine reguläre Function von s, t ist. Den $\sigma + 1$ Randlinien von $\mathfrak{A}$ entsprechen, punktweise eindeutig, $\sigma + 1$ reelle Curven des Gebildes (s, t). Ist α ein Punkt (s, t), der nicht auf einer dieser $\sigma + 1$ reellen Curven liegt, so gehört dazu ein conjugirter (s', t') oder α', und zu einem von beiden, aber nur zu einem, ein völlig bestimmter Punkt x im Innern von $\mathfrak{A}$. Es zerfällt also das Gebilde (s, t) symmetrisch in zwei conjugirte Hälften, die durch die $\sigma + 1$ reellen Curven von einander getrennt sind; diejenige Hälfte, die dem Gebiete $\mathfrak{A}$ entspricht, nennen wir Δ. Durch die Gleichungen $s = f(x)$, $t = g(x)$ wird demnach eine eindeutige reguläre Beziehung $(s, t; x)$ zwischen Δ und $\mathfrak{A}$ hergestellt; und zwar ist sie eindeutig-regulär mit Einschluss der Grenzen.

Sondern wir jetzt von Δ diejenigen im Innern gelegenen Punkte ab, die den Grenzpunkten von A entsprechen. Wir nennen sie α und die conjugirten α'; letztere liegen ausserhalb. Wir bezeichnen ferner mit D das Continuum, welches von Δ übrig bleibt, wenn man die Punkte α fortlässt. Dann haben wir einen Bereich D, der genau ebenso viele Grenzpunkte und Grenzlinien besitzt wie A, und $(s, t; x)$ ist eine vollständig reguläre eindeutige Beziehung zwischen A und D, mit Einschluss der Grenzpunkte und Grenzlinien. Fügen wir noch die andere Beziehung (x, y) hinzu, so entspringt aus beiden eine reguläre Beziehung zwischen D und der positiven Halbebene: $(s, t; y)$. Aber diese letztere Beziehung kann analytisch fortgesetzt

werden, einerseits über die reellen Curven des Gebildes hinaus, andererseits über die reelle Linie der y-Ebene, und zwar einfach dadurch, dass man conjugirten Werthen von y conjugirte Punkte des algebraischen Gebildes entsprechen lässt. Dies ist zulässig, da die Variable y reell ist, wenn man den Punkt (s, t) auf eine Randlinie von D und somit den Punkt x auf eine Randlinie von A beschränkt.

Nun können wir $(s, t; y)$ auffassen als eine gegenseitig reguläre Beziehung zwischen dem ganzen Gebilde (s, t), von dem nur die Punktepaare α, α' ausgeschlossen sind, und der ganzen y-Ebene, von der allerdings die unendlich vielen singulären der reellen Linie auszuschliessen sind. Hierbei sind s und t eindeutige Functionen von y in der ganzen Ebene; y ist eine unendlich vieldeutige von s, t, die nur singulär wird in den Punktepaaren α, α'. Die Art, wie y in den Punkten α, α' unendlich wird, ist natürlich diese: eine reelle lineare Function von y muss sich in der Form $-i \log(E)$ darstellen lassen, wo E eine an der betrachteten Stelle reguläre Function von (s, t) ist, die in diesem Punkte von der ersten Ordnung verschwindet.

Beschreibt der Punkt (s, t) eine geschlossene Linie, die innerhalb D verläuft, so entspricht dieser eine geschlossene Linie in A; es erfährt demnach y eine Transformation der schon vorher definirten Gruppe. Beschreibt aber (s, t) einen Weg in D, der von einer reellen Curve zu einer anderen führt, und kehrt dann auf dem symmetrisch entsprechenden Wege zu dem Anfangspunkt zurück, so nimmt offenbar auch y den anfänglichen Werth wieder an. Da man nun jeden Periodenweg zerlegen kann in zwei geschlossene Wege, von denen der eine innerhalb D verläuft, während der andere symmetrisch ist, so sieht man, dass y auf geschlossenen Wegen des Gebildes überhaupt keine andern Transformationen erfährt, als die der bereits definirten Gruppe.

Sind Grenzpunkte von A, und somit auch Punktepaare α, α', nicht vorhanden, so kann man sagen, dass die Gleichung $G(s, t) = 0$ vollständig aufgelöst wird, indem man s und t als eindeutige Functionen von y darstellt. Im anderen Falle sind die Punkte α, α' von der regulären Darstellung ausgeschlossen.

Setzt man $\frac{dy}{dt} = \frac{1}{u^2}$, so genügt u der linearen Differentialgleichung,

$$\frac{d^2 u}{dt^2} + pu = 0,$$

in der p eine reelle rationale Function von s, t bedeutet. Nehmen wir an, dass t in einem der Punkte α, α' den Werth t_0 hat, und dass

$t - t_0$ in diesem Punkte nur von der ersten Ordnung verschwindet. Alsdann wird p an derselben Stelle unendlich von der zweiten Ordnung, und zwar ist dort $4p(t-t_0)^2$ gleich 1. Dies sind die eigentlich singulären Punkte der Differentialgleichung; als uneigentliche kommen diejenigen hinzu, in denen das Differential dt verschwindet oder unendlich wird. Dem Falle, wo gar keine Grenzpunkte, sondern nur Grenzlinien existiren, entspricht diejenige Classe linearer Differentialgleichungen mit algebraischen Coefficienten, die gar keine eigentlichen singulären Punkte besitzen.

Wir haben hier diejenigen Functionen $s = F(y)$, $t = G(y)$ betrachtet, in welche die charakteristischen $f(x)$ und $g(x)$ übergehn, wenn man die Variable y einführt. Dies sind eindeutige automorphe Functionen; man kann sie — wenigstens in dem Hauptfalle, wo keine Grenzpunkte existiren; der andre kann als Grenzfall aufgefasst werden — durch Producte linearer Functionen von y darstellen, falls man die linearen Substitutionen als gegeben annimmt. Andrerseits sind die charakteristischen Functionen $f(x)$ und $g(x)$, wenn nicht in andrer Weise, durch das Dirichlet'sche Princip bestimmt. Durch die beiden Gleichungen $f(x) = F(y)$, $g(x) = G(y)$ wird die Beziehung (x, y) definirt; es werden aber damit zugleich — da man zwei Gleichungen hat — auch die Coefficienten der linearen Substitutionen festgelegt.

§ 4.

Ich kehre zu den besonderen Fällen zurück.

Es sei wieder B die positive Halbebene, A die ganze Ebene, mit Ausnahme einer endlichen Anzahl sich nicht schneidender Strecken. Diese sollen alle auf einer Geraden liegen, und zwar auf der reellen Linie. Der Fall, wo einzelne sich auf Punkte reduciren, wird sich von selbst ergeben.

Die Grenzen von A sind hier nicht reguläre Linien, sondern eigentlich zweiseitige Polygone, und die charakteristischen Functionen von A sind in dem Endpunkte a einer solchen Strecke im Allgemeinen nicht reguläre Functionen von x, nur von $\sqrt{x-a}$. Indessen gehört in diesem Falle die Variable x selbst mit zu den charakteristischen Functionen; man kann $t = x$ setzen; eine zweite ist:

$$s = \sqrt{-\Pi(x-a)},$$

und durch s, t lassen sich alle übrigen rational ausdrücken.

Die Endpunkte der Strecken betrachten wir nicht als unmittelbar gegeben; wir definiren sie, um die Auflösung transcendenter Gleichungen zu vermeiden, auf folgende Weise:

Wir nehmen in der y-Ebene eine Anzahl von Kreisen an, deren Mittelpunkte alle auf der reellen Linie liegen, und deren Flächen sich gegenseitig weder decken noch berühren. Es ist zulässig, dass einer dieser Kreise alle übrigen umschliesst; unter seiner Fläche verstehen wir dann das Gebiet ausserhalb der Peripherie. Ebenso kann an die Stelle eines der Kreise eine Gerade treten, die auf der reellen Linie senkrecht steht.

Das durch die angegebenen Linien begrenzte Gebiet wird durch die reelle Linie symmetrisch in zwei Hälften zerlegt. Die obere Hälfte nennen wir C; sie ist ein Polygon mit lauter rechten Winkeln, dessen Seiten abwechselnd durch Halbkreise und Strecken der reellen Geraden gebildet werden. Dieses Gebiet C denken wir uns conform abgebildet auf die obere Hälfte der x-Ebene. Wir führen also eine Function x von y ein, die innerhalb C nur Werthe der positiven Halbebene annimmt, und zwar jeden einmal. Lässt man y von einer bestimmten Stelle die Randlinie von C in positivem Sinne durchlaufen, so durchläuft x stetig wachsend alle reellen Werthe von $-\infty$ bis $+\infty$. x ist ausserdem im Innern und auf der Grenze von C eine reguläre Function von y, aber es verschwindet $\frac{dx}{dy}$ in den Eckpunkten von der ersten Ordnung. y ist eine reguläre Function von x im Innern der positiven Halbebene; auf ihrer Grenze, also auf der reellen Linie, bilden diejenigen Punkte eine Ausnahme, die den Eckpunkten von C entsprechen.

Diese Punkte bezeichnen wir mit (a). Durch sie zerfällt die reelle Linie der x-Ebene in eine Anzahl von Intervallen. Wir wollen diejenigen Intervalle gerade nennen, die den geradlinigen Stücken der Grenze von C entsprechen, die übrigen ungerade.

Betrachten wir zuerst x als Function von y. An jedem der Halbkreise, die zur Begrenzung von C gehören, ist x reell. Daraus geht hervor, dass die Function über diese Linie hinaus in der Weise fortzusetzen ist, dass sie in dem Bildpunkte den conjugirten Werth erhält. Wir kommen so in ein neues Gebiet C', das genau wie das vorige begrenzt ist durch Theile der reellen Linie und dazwischen liegende Halbkreise. Aber hier nimmt x nur Werthe an, deren zweite Coordinate negativ ist. Wenn wir dies fortsetzen, auch bei den übrigen halbkreisförmigen Randstrecken von C, so wird die ganze positive Halbebene zerlegt in eine Folge von unendlich vielen Gebieten. Die Grenze zwischen einem Gebiete und einem benachbarten ist stets ein Halbkreis; auf diesem nimmt x nur reelle Werthe an, und zwar solche, die einem ungeraden Intervalle angehören.

Wenn demnach y sich beliebig in der positiven Halbebene bewegt, so kann x zwar beliebig oft die reelle Linie durchkreuzen,

aber immer nur in einem ungeraden Intervalle. Wenn wir mit A die ganze x-Ebene bezeichnen, mit Ausnahme der geraden Intervalle der reellen Linie, so bleibt x im Innern von A, wenn y auf die positive Halbebene beschränkt wird.

Es ist leicht zu sehen, dass auch das Umgekehrte stattfindet. Die Beziehung (x, y) ist hiermit, geometrisch sehr einfach, definirt. Aber sie lässt sich auch analytisch in sehr einfacher Weise ausdrücken. Man kann die Function $x = \psi(y)$, durch die geraden Randstrecken von C oder die eines anderen Theilgebietes, in die negative Halbebene fortsetzen; sie ist eine in der ganzen Ebene eindeutige automorphe Function von y, und die Gruppe der Substitutionen unmittelbar gegeben. Es seien α, β, γ drei Eckpunkte des Polygons C; a, b, c die entsprechenden Werthe von x, ferner allgemein α_λ, β_λ ein Werthepaar, das aus α, β durch eine und dieselbe Substitution (λ) der Gruppe hervorgeht. Alsdann ist:

$$\frac{x-a}{x-b} \cdot \frac{c-b}{c-a} = (E(y))^2,$$

und $E(y)$ das folgende Product von Linearfactoren der Variabeln y:

$$E(y) = \prod_{(\lambda)} \left(\frac{y-\alpha_\lambda}{y-\beta_\lambda} \cdot \frac{\gamma-\beta_\lambda}{\gamma-\alpha_\lambda} \right).$$ [1]

Schliesslich ist noch der Fall zu besprechen, wo an die Stelle einer oder mehrerer Strecken Punkte treten. Die Modification, die die Figur alsdann erfahren muss, ist leicht zu erkennen; es müssen auch die entsprechenden geraden Strecken des Polygons C gleich 0 werden, d. h. die Kreise müssen sich berühren. Wenn speciell die Grenze von A nur durch drei Punkte gebildet wird, so erhält man die bekannte Figur eines Dreiecks, dessen Seiten durch drei sich berührende Kreisbogen gebildet werden.

Wir wollen noch ein letztes Beispiel durchführen, das geometrisch sehr durchsichtig ist, analytisch allerdings weniger einfach. Es sei A die ganze Ebene, mit Ausnahme dreier Kreisflächen. Wir ziehen den Orthogonalkreis und bezeichnen mit A_1 den innerhalb desselben liegenden Theil von A. Die Grenze von A_1 ist wiederum ein Polygon mit sechs rechten Winkeln. Diejenigen drei Seiten des Polygons, die Theile des Orthogonalkreises sind, nennen wir gerade — obwohl auch sie gekrümmt sind —, die drei anderen ungerade.

---

[1] Vergl. meine Arbeit: Über eine specielle Function, welche bei einer bestimmten linearen Transformation ihres Arguments ungeändert bleibt. Journ. f. Math., Bd. 101.

Die Fläche A_1 müssen wir uns nun conform abgebildet denken auf eine andere B_1 der y-Ebene, deren Begrenzung zwar ebenso beschaffen ist wie die von A_1. Sie soll ebenso aus drei getrennten Strecken eines Kreises, und, rechtwinklig zu diesem, aus drei Kreisbogen bestehen, die in das Innere führen. Es soll aber die Abbildung so beschaffen sein, dass den geraden oder Orthogonalkreis-Strecken der einen Figur die ungeraden der anderen entsprechen. Dass hierfür die Anzahl der verfügbaren Constanten gerade ausreicht, ist unmittelbar zu sehen. Das Innere des zweiten Orthogonalkreises nennen wir B.

Betrachten wir x als Function von y und beschränken zunächst y auf das Innere von B_1. Dann wird x auf das Innere von A_1 beschränkt. Rückt y nach der Grenze von B_1, und zwar nach einem Kreisbogen λ, der nicht ein Theil des Orthogonalkreises ist, so rückt x nach der Grenze von A, aber nach einer Strecke des Orthogonalkreises. Die Function $x = \psi(y)$ ist daher über λ hinaus so fortzusetzen, dass zwei Punkten y, y', die zu einander in Bezug auf die Kreisstrecke λ symmetrisch sind, zwei Punkte x, x' der anderen Ebene entsprechen, die zu einander in Bezug auf den Orthogonalkreis symmetrisch liegen. Nun erfüllen, wenn x auf die Fläche A_1 beschränkt ist, die Bildpunkte von x in Bezug auf den Orthogonalkreis den ganzen übrigen Theil der Fläche A. Es bleibt demnach x in der Fläche A, wenn y von B_1 aus durch eine Grenzstrecke λ, die nicht dem Orthogonalkreis angehört, in ein Nachbargebiet B'_1 eindringt. Diese Betrachtung lässt sich fortsetzen, genau wie vorhin. Es folgt daraus: Wenn die Variable y in dem Orthogonalkreis B bleibt, der in ihrer Ebene gezogen ist, so bleibt x im Gebiete A. Aber auch das Umgekehrte gilt; man hat daher eine reguläre Beziehung (x, y) zwischen dem Gebiete A und einer Kreisfläche oder Halbebene B.

Betrachten wir jetzt die charakteristischen Functionen der Fläche A. Unter ihnen giebt es auch solche, die nicht nur an den drei Kreisen, sondern auch in den dazwischen liegenden Strecken des Orthogonalkreises reell sind. Die letzteren Functionen sind rational durch eine einzige unter ihnen ausdrückbar; diese eine, t, ist zugleich diejenige, welche die Abbildung von A_1 auf die Halbebene vermittelt. Eine zweite charakteristische Function von A (aber nicht von A_1) ist:

$$s = \sqrt{-\Pi(t-a)} = \sqrt{R(t)},$$

wenn wir mit a die Werthe von t in den sechs Eckpunkten von A_1 bezeichnen.

Angesehen als abhängig von y ist t auch eine charakteristische Function der Fläche B_1, und auch desjenigen Gebietes $\bar{B}$, das wir erhalten, wenn wir die drei Randkreise von B_1 vervollständigen und

den Orthogonalkreis fortlassen. s dagegen gehört nicht zu den charakteristischen Functionen dieser zweiten dreifach zusammenhängenden Fläche $\bar{B}$, wohl aber is. s und t sind eindeutige Functionen von x ebensowohl wie von y in den Ebenen dieser Variabeln; man hat demnach zwei Auflösungen der Gleichung $s^2 = R(t)$ durch eindeutige automorphe Functionen mit je $3p-3$ ganz verschiedenen Moduln; die Beziehung (x, y) entsteht, wenn man diese eindeutigen Functionen von x und y einander gleichsetzt. Die Differentialbeziehung, die in diesem Falle zwischen x und y besteht, ist folgende. Setzt man

$$\frac{dt}{\sqrt{R(t)}} = dw, \quad \frac{dx}{dw} = \frac{1}{u^2}, \quad \frac{dy}{dw} = \frac{1}{v^2},$$

so genügt u der Differentialgleichung

$$\frac{d^2u}{dw^2} + (\tfrac{1}{2}t^3 + h_1 t^2 + h_2 t + h_3)\,u = 0$$

(vgl. Journ. f. Math., Bd. 83, S. 348). v genügt einer Differentialgleichung genau von derselben Form, nur mit dem Unterschied, dass an die Stelle von h_1, h_2, h_3 andere Constanten treten.

Hätten wir statt dreier nur zwei Kreise genommen, so hätten wir die doppelte Lösung der Gleichung

$$s^2 = (1-t^2)(1-k^2t^2)$$

bekommen, die Jacobi gegeben hat, wobei s und t einmal als eindeutige Functionen einer Grösse x dargestellt werden, die der Gleichung $f(qx) = f(x)$ genügen, und zweitens als eindeutige Functionen einer Grösse y, die mit x in der Verbindung steht:

$$x = y^{\nu}, \quad \pi i \nu = \log(q).$$

Über die Bestimmung der Verbrennungswärme organischer Verbindungen mit Benutzung des Platinwiderstandsthermometers.

Von Emil Fischer und Franz Wrede.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 9. Januar 1908 [s. oben S. 1].)

Bei den Bestimmungen von Verbrennungswärmen organischer Verbindungen, die wir vor drei Jahren mitteilten[1], wurde eine Berthelotsche Bombe nebst Kalorimeter benutzt, die auf elektrischem Wege geeicht waren; mithin wurden die Verbrennungswärmen auch in elektrischen Einheiten erhalten.

Die Grundeichung unseres Apparates war von den HH. W. Jaeger und von Steinwehr in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg ausgeführt worden mit einer Genauigkeit, die von ihnen auf 2 Promille des Wertes geschätzt wurde. Da die Ungenauigkeit der Messungen zum erheblichen Teil durch die Verwendung eines Quecksilberthermometers veranlaßt war, so lag der Gedanke nahe, dieses durch ein elektrisches Thermometer zu ersetzen. Das ist von den HH. Jaeger und von Steinwehr bei der neuen Grundeichung unseres Kalorimeters geschehen.

Durch diese Maßregel und andere kleine Veränderungen am System, wie z. B. erhebliche Vermehrung der Wassermenge, ist es ihnen gelungen, den Fehler des Eichungswertes so weit herabzusetzen, daß er nach einer an uns gerichteten Privatmitteilung sicher nicht mehr als 0.5 Promille beträgt.

Wir haben nun mit demselben Instrument und unter den gleichen Bedingungen einige Verbrennungswärmen bestimmt und glauben, auch hier, insbesondere durch die bessere thermometrische Messung, eine größere Genauigkeit erzielt zu haben, als dies früher möglich war. Denn bei Substanzen, die gut verbrennen, betrug die Abweichung vom Mittel bei 1° Temperaturerhöhung nicht mehr als 0.5 Promille.

Wir haben die verbesserte Methode benutzt, um für einige Substanzen, besonders für Rohrzucker und Benzoesäure, die Verbrennungswärme möglichst genau festzustellen, damit sie als Grundwert für die Eichung andrer Bomben benutzt werden kann.

[1] Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1904, XX, S. 687ff.

Entsprechend der Grundeichung unsres Kalorimeters sind alle Werte für die Verbrennungswärmen in Kilowattsekunden bestimmt und nur diese dürfen als Originalwerte betrachtet werden. Zum Vergleich mit andern Verbrennungswärmen, die in Kalorien ausgedrückt sind, haben wir allerdings eine Umrechnung vorgenommen, bei der eine Kilowattsekunde gleich 0.2390 Kalorien gesetzt wurde.

Wir bemerken jedoch ausdrücklich, daß diese umgerechneten Werte alle Fehler enthalten, die in der Bestimmung des Verhältnisses von Wattsekunde zur Kalorie liegen, und daß auch die Änderung der spezifischen Wärme des Wassers mit der Temperatur zur Zeit nicht genau genug bekannt ist. Der von uns angenommene Wert von 0.2390 scheint am genauesten für die Temperatur 15° zuzutreffen.

Wie aus der später gegebenen Tabelle hervorgeht, liegen unsere eigenen Bestimmungen alle zwischen 15° und 20°. Für die Messungen selbst waren diese Temperaturunterschiede gleichgültig, da unser Kalorimeter nach den Beobachtungen der HH. Jaeger und von Steinwehr keinen Temperaturkoeffizienten zeigte.

Beschreibung des Apparates. Als Kalorimeter benutzten wir das übliche, den Chemikern wohlbekannte Modell. Die Berthelotsche Bombe war in der von Kröker angegebenen Weise modifiziert und von Peters (Berlin) geliefert. Sie hatte einen Inhalt von 275 ccm und ihr Innenraum war vollständig mit Platin in der Stärke von 0.3 mm von Heraeus (Hanau) ausgekleidet[1]. Das zylindrische Messinggefäß, in dem sich die Bombe und das Platinthermometer befinden, hatte 15 cm Durchmesser und 26 cm Höhe. Das Gewicht desselben betrug 723 g, mit der Wasserfüllung 4450 g — gewogen in Luft. Die Menge des Wassers war so groß gewählt, daß die Polklemmen der Bombe sich etwa 2½ cm unterhalb der Oberfläche befanden.

Zum Rühren des Wassers glaubten wir anfangs dem Quirlrührer, den erst Berthelot und später Longuinine beschrieben haben, den Vorzug geben zu müssen, weil bei seiner Anwendung keine mit Wasser benetzten Teile aus der Flüssigkeit herausgehoben werden. Um die Wärmeleitung noch möglichst zu verringern, hatte der von uns benutzte Quirlrührer als Stiel eine starke Hartgummistange, die unge-

[1] Die HH. T. W. Richards, L. J. Henderson und H. L. Frevert haben bei der von ihnen gebrauchten Bombe den zur Dichtung verwendeten Bleiring mit einer Blattgoldschicht überzogen, um seine Oxydation zu verhindern (s. Proc. of the Am. Acad. 42. (21) 576). Wir haben diese Maßregel bei unserem Apparat nicht angewendet, weil der Bleiring höchstens zu ½ mm Breite für den Sauerstoff freiliegt. Er überzieht sich bei den Versuchen wohl mit einer ganz dünnen Oxydschicht, die aber als Schutz gegen die fortschreitende Oxydation bleibt, so daß wir die Wärmemenge, die bei der einmaligen Verbrennung entsteht, für so gering halten können, daß sie für uns nicht in Betracht kommt.

fähr 1 cm unter dem Wasserspiegel mit dem eigentlichen aus Metall gefertigten Rührer in Verbindung stand.

Die Geschwindigkeit des Motors wurde so reguliert, daß der Rührer ungefähr 45 Touren (Hin- und Herdrehung) in der Minute machte. Im Verlauf unserer Untersuchungen sind wir aber zu der Überzeugung gekommen, daß die Rühranordnung nicht ausreichend ist, um eine thermisch ganz gleichmäßige Mischung des Wassers herbeizuführen. Daß die HH. Berthelot und Longuinine mit diesem Rührer zufrieden gewesen sind, erklärt sich vielleicht aus dem Umstande, daß sie die Temperatur mit dem Quecksilberthermometer gemessen haben, dessen Leistungsfähigkeit zur Entdeckung des Fehlers nicht mehr ausreichte.

Übrigens hat Langbein schon vor längerer Zeit angegeben[1], daß der Quirlrührer vor dem Ringrührer keinen Vorteil bietet.

Unsere Erfahrungen wurden bestätigt durch die Versuche der HH. Jaeger und von Steinwehr, welche die Temperatur des Wassers im Kalorimeter an verschiedenen Stellen mit einem Thermoelement prüften und bei Anwendung des Quirlrührers größere Unterschiede beobachteten. Sie fanden, daß insbesondere die kleine Wasserschicht unterhalb der Bombe nicht genügend mit dem übrigen durchgerührt wird. Wir sind deshalb zu der älteren Rührvorrichtung, dem vertikal auf und ab gehenden Ringrührer zurückgekehrt.

Das übliche, auch von Stohmann gebrauchte Modell des Ringrührers, wie es von Hugershoff (Leipzig) und anderen deutschen Firmen geliefert wird, wurde noch durch Hinzufügen von zwei weiteren Ringplatten verstärkt, um die von uns verwendete größere Wassermasse genügend bewältigen zu können.

Allerdings entsteht bei dieser Rührvorrichtung ein kleiner Fehler, worauf auch Berthelot und Longuinine[2] hingewiesen haben, dadurch, daß ein Stück der Messingstangen, die den Rührer halten, beim Auf- und Abgehen benetzt in die Luft über dem Kalorimeter eintritt. Aber dieser Fehler wird eliminiert, weil er in den Temperaturgang des Apparates während der Messung eingeht und folglich jedesmal bestimmt wird.

Jedenfalls zeigen sowohl die Messungen der Eichung wie unsere Bestimmungen eine erheblich bessere innere Übereinstimmung bei Anwendung dieses Ringrührers, dessen Tourenzahl wir auf 45 pro Minute (jede Tour eine Auf- und Abbewegung) normierten.

Wie oben angegeben, betrug die Wassermenge in unserem Kalorimeter 3727 g, mithin fast 3 bis 5 mal soviel, als die meisten Autoren früher angewandt haben. Dadurch wird allerdings die Temperatur-

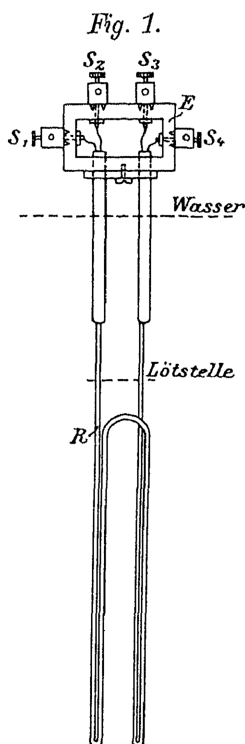
---

[1] Zeitschr. f. angewandte Chemie 1896. 489. Vgl. auch ebenda 1900 Heft 49—50.

[2] W. Longuinine. Hauptmethoden der Bestimmung der Verbrennungswärme, Berlin 1897, S. 6.

erhöhung bei der Verbrennung entsprechend kleiner; da aber anderseits die Temperaturmessung durch das Platinthermometer außerordentlich viel genauer ist, so überwiegen die Vorteile, welche die Anwendung der großen Wassermenge hat. Wir rechnen dahin einerseits die geringe Differenz zwischen Anfangs- und Endtemperatur, die bei den später angeführten Verbrennungsbestimmungen 0.9° bis 1.6° betrug, und anderseits den Umstand, daß die Bombe sich ganz in Wasser befindet.

Das von uns benutzte Platinwiderstandsthermometer war dasselbe, das die HH. Jaeger und von Steinwehr bei der Eichung der Bombe benutzten. Seine Konstruktion, Empfindlichkeit, Zuverlässigkeit und Eichung ist von diesen Herren eingehend geschildert worden[1], ebenso wie die Vorrichtungen zum Messen des Widerstandes.



Zur leichteren Orientierung wollen wir hier folgende kurze Angaben darüber machen:

Das Platinwiderstandsthermometer (s. Fig. I) bestand aus einem Drahte von reinstem Platin der Firma Heræus (Hanau) von 0.1 mm Stärke und ungefähr 35 cm Länge. Dieser war, mit einem Seidenfaden umsponnen und mit Schellack bestrichen, isoliert in ein Messingkapillarrohr R eingezogen. An beiden Enden waren je 2 isolierte Kupferdrähte angelötet, die aus der Kapillare herausragten und an vier Klemmschrauben s_1—s_4 des Ebonitkopfes E, der die Enden des Rohres verschloß, angelötet waren. Die Lötstellen von Platin und Kupfer lagen so tief, daß sie sich während der Messungen im Wasser des Kalorimeters befanden.

Die Trägheit des Instruments war so gering, daß sie bei unseren Messungen nicht berücksichtigt zu werden brauchte.

---

[1] I. W. Jaeger und H. von Steinwehr, Bestimmung des Wasserwertes eines Berthelotschen Kalorimeters in elektrischen Einheiten. Verhandl. d. D. Physik. Ges. 5. 50 (1903). — II. Dieselben, Erhöhung der kalorimetrischen Meßgenauigkeit durch Anwendung von Platinthermometern. Ebenda 5. 353 (1903). — III. Dieselben, Beitrag zur kalorimetrischen Messung von Verbrennungswärmen. Zeitschrift f. physik. Chemie. 53. 2. 153 (1905). — IV. Dieselben, Bemerkung zu einer Veröffentlichung der HH. Richards, Henderson und Forbes. Ebenda 54. 4. 428 (1906). — V. Dieselben, Anwendung des Platinthermometers bei kalorimetrischen Messungen. Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1906, 8. 237. — VI. Dieselben, Eichung eines Berthelotschen Verbrennungskalorimeters in elektrischen Einheiten mittels des Platinthermometers. Annalen d. Physik IV. 21 (1906) 23. — VII. W. Jaeger, Über die Empfindlichkeit des Platinwiderstandsthermometers. Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1906, 9. 278.

Das Instrument war von den HH. Jaeger und von Steinwehr geeicht. Zur Kontrolle haben wir dann in längeren Zwischenräumen seinen Fundamentalabstand wiederholt bestimmt. An den folgenden Tagen: 1., 2., 21., 24. November 1904; 4. Januar 1905; 23. März 1905; 15. Januar 1906; 22. Mai 1906 und 7. Januar 1907 wurde dazu mehrmals der Widerstand abwechselnd in Eis und in Wasserdampf gemessen. Nachdem die anfänglich starken Depressionserscheinungen durch einen Heizstrom reduziert worden waren, blieb der Fundamentalabstand konstant. Es betrug im Mittel:

W_{100°	9.5737	Ohm
W_{0°	6.8984	»
$W_{100^\circ} - W_{0^\circ}$	2.6753	Ohm (deprimiert).

Die Abweichungen der einzelnen Messungen waren im allgemeinen sehr gering, immer aber viel kleiner, als es für die angestrebte Genauigkeit von 0.0001° für eine Temperaturdifferenz von 1° von Belang sein könnte.

Außerdem war zur Eichung des Instruments die Abweichung der Widerstandskurve zwischen 0° und 100° von der Geraden durch Vergleich mit den Angaben eines geprüften Quecksilberthermometers bei 25° und 40° bestimmt. Danach ergab sich als Widerstand für eine bestimmte Temperatur u der Wert

$$\left.\begin{array}{l} W_{u^\circ} = W_{0^\circ(\text{depr.})}(1 + \alpha u + \beta u^2), \quad \text{worin} \\ \alpha = 3.94 \times 10^{-3} \quad \text{und} \quad \beta = -0.623 \times 10^{-6} \end{array}\right\} \qquad (1)$$

Übrigens ist die genaue Eichung des Thermometers für die Bestimmung der Verbrennungswärmen nicht von wesentlichem Belang, weil durch die Benutzung desselben Instruments bei der elektrischen Eichung und bei der Bestimmung der Verbrennungswärmen etwaige Fehler herausfallen.

Meßapparate: Für die Widerstandsmessung waren außer einem sehr empfindlichen Differentialgalvanometer[1] mehrere Stöpselwiderstände, ferner ein Manganinwiderstand von 8 Ohm, der direkt mit dem Platinwiderstand verglichen wurde, und endlich ein leicht verstellbarer, großer variabler Widerstand erforderlich. Da gewöhnliche Schleifkontaktwiderstände nicht die nötige Präzision geben, und das Arbeiten mit Stöpselwiderständen wegen der Unzuverlässigkeit der Kontakte bei so schnellem Umstöpseln, wie es hier nötig wäre, Unzuträglichkeiten im Gefolge hat, so benutzten wir für den letztge-

[1] Kugelpanzergalvanometer nach Dubois-Rubens von Siemens & Halske, mit Differentialschaltung der Spulen.

nannten Widerstand nach dem Beispiel der HH. Jaeger und von Steinwehr einen Kompensationsapparat von Wolff (Berlin).

Messung: Wie bei den älteren Messungen mit dem Quecksilberthermometer können auch bei den Bestimmungen mit dem Widerstandsthermometer drei Perioden unterschieden werden: 1. der Vorversuch, während dessen der gleichmäßige Gang der Temperatur beobachtet wird, 2. der Hauptversuch, der mit der Einleitung der Verbrennung beginnt und bis zum Wiedereintritt eines gleichmäßigen Temperaturganges ausgedehnt wird, und 3. der Nachversuch, der zur genaueren Beobachtung dieses letzteren Ganges dient. Die von uns gewählten Zeiten sind:

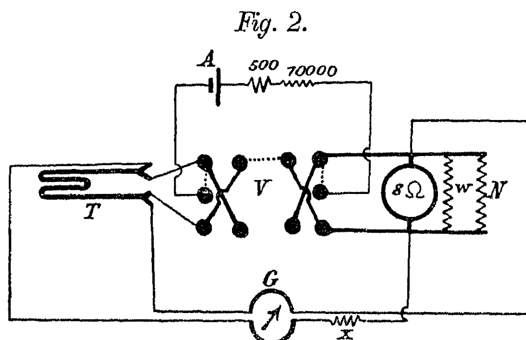
1. 10 bis 15 Minuten,
2. 5 (» 10) » und
3. (10 ») 15 » .

Ein ganz gleichmäßiger Gang tritt gewöhnlich erst 6—8 Minuten nach der Zündung wieder ein.

Um aber »Strahlungskorrektionen«, d. h. »Korrektionen für den Wärmeaustausch mit der Umgebung«, von vergleichbarer Größenordnung für eine Reihe von Versuchen zu erhalten, empfiehlt es sich, regelmäßig dieselbe Zeitdauer für den »Hauptversuch« anzunehmen: wir haben daher immer die 6. Minute als Beginn des Nachversuchs gewählt und die zugehörige Temperatur aus dem nachfolgenden Gang rekonstruiert. Die sehr kleine Differenz zwischen dieser und der abgelesenen Temperatur geht in die »Strahlungskorrektion« ein.

Wie schon oben erwähnt, beruht die Widerstandsmessung bei unseren Versuchen auf einer Vergleichung des Thermometers T (s. Fig. 2) mittels eines Differentialgalvanometers G mit einem festen Widerstand, dessen Wert durch genau bestimmte Nebenschlüsse abgeändert wird: in unserem Fall liegt parallel zu der 8-Ohm-Manganinbüchse — in Paraffinöl — ein Stöpselrheostat (w) von 100 bis 130 Ohm, sowie der genannte Kompensationsapparat (N), dessen Gesamtwert 15000 Ohm beträgt. Von diesen beiden Nebenschlüssen wird der erstere (w) so gewählt, daß er für den jeweiligen Versuch unverändert bestehen bleiben kann, d. h., daß der Bereich des Kompensationsapparats für die gesamte Widerstandsänderung ausreicht.

Fig. 2.



Für die spätere Rechnung ist es bequem, für w nur drei oder vier verschiedene Werte, also etwa 100, 110, 120 oder 130 Ohm zu nehmen.

Für die Schaltung hat sich die von Kohlrausch angegebene Methode des übergreifenden Nebenschlusses als die geeignetste erwiesen. Außer dem hierfür notwendigen Stromverzweiger V[1] war noch ein einfacher Kommutator in den Meßstromkreis eingeschaltet, der in der Skizze nicht angegeben ist.

Zum Regulieren des Meßstromes, der von dem einzelligen Akkumulator A geliefert wurde, diente ein Stöpselrheostat. Während für die Messung der Gänge 500 Ohm eingeschaltet waren, wurde zum gröberen Einstellen sowie zum Ablesen der Temperaturkurve des Hauptversuchs der Widerstand um 5000 oder 10000 Ohm verstärkt: hierdurch werden die Ausschläge des Galvanometers und entsprechend die Empfindlichkeit der Messungen auf das nötige Maß reduziert.

Eine Differenz zwischen der Widerstandsgleichheitslage des Galvanometers und der Nullpunktsstellung des stromlosen Instruments beruht auf der Ungleichheit der Wickelungen und Leitungen, und wird beseitigt, indem man in den stärkeren Stromzweig einen Widerstand (x) einschaltet, der so abgeglichen wird, daß der Ausschlag beim Kommutieren Null wird.

Der Verlauf eines Versuchs läßt sich nunmehr folgendermaßen darstellen:

Nach Vorbereitung des Kalorimeters läßt man das Rührwerk etwa 10 Minuten arbeiten. Darauf wird, zunächst mit dem schwachen Strom, ein ungefährer Ausgleich der Widerstände und der Galvanometerkreise vorgenommen. Nunmehr beginnt, unter Einschalten des stärkeren Meßstromes, die Ablesung des Vorversuchs: da es bei einigermaßen schneller Temperaturänderung auch mit den Kurbeln des Kompensationsapparates nicht möglich wäre, zu einem bestimmten Zeitpunkt den jeweiligen Widerstand zu fixieren, so lesen wir die Zeit ab, zu der die Differenz der Ausschläge des Galvanometers beim Umlegen des Stromverzweigers für einen vorher eingestellten Widerstand N den Wert Null erreicht. Den Widerstand N wählt man dann so, daß er in etwa 1 bis 2 Minuten erreicht wird, so daß also alle 1 bis 2 Minuten wenigstens eine Ablesung stattfinden kann.

Nach 10 bis 15 Minuten schwächt man den Meßstrom ab und leitet — unter Ablesen der Zeit — die Verbrennung ein. Bei einiger

[1] Der Stromverzweiger V besteht aus den zehn in der Figur angedeuteten Quecksilbernäpfen, von denen acht paarweise fest miteinander verbunden sind, und einer Wippe, deren Umlegen die Verbindungen so abändert, daß die an der Figur durch punktierte Linien angegebenen Stromzweige symmetrisch auf die untere Hälfte entfallen.

Übung kann man leicht die dem schnellen Anstieg der Temperatur entsprechenden Widerstände mittels der großen Kurbeln des Kompensationsapparates rechtzeitig einstellen, um die zugehörigen Zeiten durch Kommutieren fixieren zu können. Schon nach 1 bis $1\frac{1}{2}$ Minuten werden die Ausschläge meist so klein, daß man wieder den stärkeren Meßstrom einschalten kann. Der Verlust, den man in dieser kurzen Zeit an Stromwärme aus dem Thermometer erleidet, ist unmeßbar klein.

Von nun an werden, wie im Vorversuch, durch Voreinstellen des Widerstandes — nunmehr meist Verkleinern! — und Ablesen der Zeiten unter Kommutieren noch etwa 20—25 Minuten Messungen vorgenommen.

Berechnung. Für die Berechnung der Temperaturen usw. aus den so gemessenen Widerständen können wir an dieser Stelle nur kurz die allgemeinen Methoden und die nötigsten Formeln angeben. Bezüglich der Einzelheiten und der theoretischen Begründung müssen wir auf die betreffenden Ausführungen der HH. Jaeger und von Steinwehr[1] verweisen.

Aus der Formel (1) S. 133 läßt sich für die Temperaturerhöhung U die Gleichung ableiten:

$$U = \underbrace{\left[\frac{100}{W_{100} - W_0} \cdot \frac{1 + \frac{2\beta}{\alpha} \cdot 50}{1 + \frac{2\beta}{\alpha} \cdot u}\right]}_{B} \cdot \frac{\frac{1}{W_1} - \frac{1}{W_2}}{\frac{1}{W_1 \times W_2}} \qquad (2)$$

In dieser Formel bezeichnen W_1 und W_2 die Widerstände zu Beginn und zu Ende des Hauptversuchs. Für den in der Klammer stehenden Ausdruck B, der nur die eine variable Größe u enthält, wurde die folgende Tabelle aufgestellt, die von Grad zu Grad innerhalb des für unsere Messungen wichtigen Temperaturintervalls die Werte von B und dessen Logarithmen enthält.

u	lg$B$	B	u	lg$B$	B
10	1.567086	36.9055	19	1.568332	37.011
13	7501	941	20	8470	023
14	7640	9525	21	8608	034
15	7780	964	22	8746	046
16	7918	976	23	8885	058
17	8056	988	24	9023	070
18	8194	9995	25	9161	082

[1] Siehe die Anmerkung auf S. 132.

Durch Interpolation erhält man aus dieser Tabelle B und $\lg B$ für die jeweilige Temperatur u.

Zur Berechnung von U ist der reziproke Wert der Widerstände W_1 und W_2 erforderlich. Bezeichnet man die Widerstände im Kompensationsapparat zu Beginn und zu Ende des Hauptversuchs mit N_1 bzw. N_2, so erhalten wir:

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{W_1} &= \frac{1}{8} + \frac{1}{w_1} + \frac{1}{N_1} \quad \text{und} \\ \frac{1}{W_2} &= \frac{1}{8} + \frac{1}{w} + \frac{1}{N_2} \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Die Werte $\frac{1}{N_1}$ und $\frac{1}{N_2}$ erhält man auf folgende Weise: die Reziproken der gemessenen Widerstände aus dem Kompensationsapparat im Vor- und Nachversuch werden als Abszissen mit den Zeitablesungen als Ordinaten graphisch dargestellt. Eine Gerade, die durch die so erhaltenen Punkte gelegt werden kann, ergibt dann sehr genau den reziproken Wert des Widerstandes N zu Beginn und zu Ende des Hauptversuchs. Gleichzeitig bestimmt diese Gerade die Änderung des reziproken Widerstandes pro Minute, d. h. $\frac{d\frac{1}{N_1}}{dt}$ und $\frac{d\frac{1}{N_2}}{dt}$. Diese Werte sind für die Berechnung der Temperaturgänge $\frac{du_1}{dt}$ und $\frac{du_2}{dt}$ und der »Strahlungskorrektion« nötig, denn es ist

$$\left.\begin{aligned} \frac{du_1}{dt} &= -B \cdot \frac{\frac{d\frac{1}{N_1}}{dt}}{\left(\frac{1}{W_1}\right)^2} \quad \text{und} \\ \frac{du_2}{dt} &= -\frac{B \cdot \frac{d\frac{1}{N_2}}{dt}}{\left(\frac{1}{W_2}\right)^2} \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

und die Korrektion für den Wärmeaustausch:

$$u' = a \int_{t_1}^{t_2} (u_1 - u_0)\,dt \qquad (5)$$

Hierin ist die Abkühlungskonstante des Kalorimeters:

$$a = -\left(\frac{du_2}{dt} - \frac{du_1}{dt}\right) : U \qquad (6)$$

und das Temperaturmittel der Umgebung:

$$u_0 = \frac{u_1 + u_2}{2} + \frac{\frac{du_1}{dt} + \frac{du_2}{dt}}{2a} \qquad (7)$$

Es bleibt dann nur das Integral, das aus der Kurve zu berechnen ist, die durch den Temperaturgang während des Hauptversuchs beschrieben wird. Auch diese Kurve wird graphisch dargestellt, und zwar aus den in Temperaturgrade umgerechneten Widerständen, die während des Hauptversuchs abgelesen waren. Diese Umrechnung läßt sich, da an dieser Stelle eine Genauigkeit von 0.005° vollkommen ausreichend ist, sehr vereinfachen. Zu dem Zweck wurde für die vier vorkommenden Hauptwiderstände: 8‖100, 8‖110, 8‖120 und 8‖130 Ohm je eine Kurve konstruiert, die für einen bestimmten reziproken Widerstand $\frac{1}{N}$ direkt die zugehörige Temperatur abzulesen gestattete. Diese Konstruktion wurde in der Weise ausgeführt, daß für die vollen Temperaturgrade von 13° bis 24° nach der Formel (1) unter Einsetzen der genannten Hauptwiderstände die betreffenden reziproken Nebenschlüsse $\frac{1}{N}$ errechnet und diese als Ordinaten mit den Temperaturen als Abszissen aufgetragen wurden. Die zu je einem Hauptwiderstand gehörigen Punkte wurden dann durch eine Kurve, die übrigens sehr nahe eine Gerade ist, verbunden.

Um nun die Temperaturen des Hauptversuchs zu erhalten, wurden die reziproken Werte der gemessenen Widerstände N gebildet und aus der betreffenden Kurve die zugehörige Temperatur abgelesen. Die so erreichte Genauigkeit war hinreichend, wenn der Maßstab für die Konstruktion der Kurven so gewählt wurde, daß auf 1 Grad 10 cm und auf das Intervall von $\frac{1}{N} = 0.001$ bis $\frac{1}{N} = 0.002$ etwa 20 cm entfielen.

Beispiel einer Versuchsberechnung. Im folgenden geben wir als Beispiel den vollständigen Versuch Nr. 4 für Benzoesäure aus der weiter unten folgenden Tabelle mit sämtlichen Daten und der Berechnung an:

1. Beobachtungsdaten: Kalorimeter + Wasser = 4450 g (unkorr.)
15. Mai 1906. Tourenzahl des Rührers: 45 — 46 pro Minute
Zimmertemperatur: 19.8° — 20.0°
Manteltemperatur: 18.6° — 18.7°
Temp. d. Ölbades d. Ohmbüchse: 18.0° — 18.1°
Füllung der Bombe: 46 Atm. (korr.) 0.5 ccm H_2O
50 mm Eisendraht
Substanz: 0.70004 g Benzoesäure.

Widerstandsmessungen		w	N	$\frac{1}{N} \times 10^7$	Zeitablesung
Vorversuch	8	110	634.4	15763	0' 00"
			4.7	7555	1 45
			5.0	748	3 45
			5.3	7405	6 10
			5.6	733	8 35
	.	.	5.8	728	9 40
	gezündet bei				10 00
Hauptversuch	.	.	650	15385	10
	.	.	790	12658	25
	.	.	970	10309	11 20
	.	.	967	341	13 —
	.	.	66.5	347	14 30
Nachversuch	.	.	66.0	352	15 45
	.	.	65.5	3575	16 50
	.	.	65.0	363	17 50
	.	.	64.0	3735	20 35
	.	.	63.0	384	23 15
	.	.	62.0	395	26 10
	.	.	61.0	406	29 —
	.	.	960.5	10411	30 15

Titration der entstandenen Salpetersäure 0.0420 K.W.S.
Verbrennungswärme des Eisendrahtes. . 0.0473 »
0.0893 K.W.S.

2. Berechnung: Die Werte $\frac{1}{N}$ werden, mit den Zeitablesungen als Abszissen, in der Art der Figuren 3 und 4 aufgetragen, und zwar für 0'—10' für den Vorversuch und für 15'—30' für den Nachversuch (s. Fig. 3 u. 4).

Fig. 3.

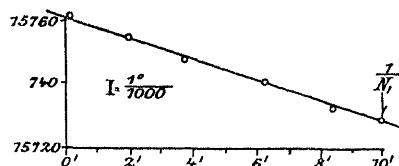
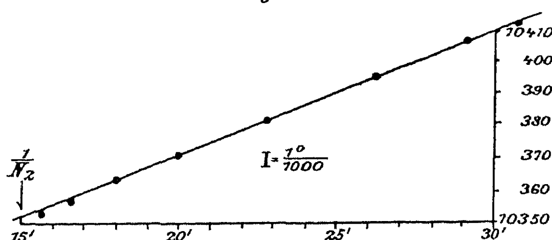


Fig. 4.



Durch die so erhaltenen Punkte wird nun je eine gerade Linie gezogen, die den Gang der reziproken Widerstandsänderung pro Minute, d. i. $\frac{d\frac{1}{N_1}}{dt} = -3.32 \times 10^{-7}$ und $\frac{d\frac{1}{N_2}}{dt} = +3.90 \times 10^{-7}$, von kleinen Ablesefehlern befreit, ergeben. Ebenso werden durch diese Geraden

die Widerstände zu Anfang und zu Ende des Hauptversuchs, also zu den Zeiten 10' und 15', bestimmt. Wir erhalten so:

$$\frac{1}{N_1} = 15728.2 \times 10^{-7} \text{ und } \frac{1}{N_2} = 10351.5 \times 10^{-7}.$$

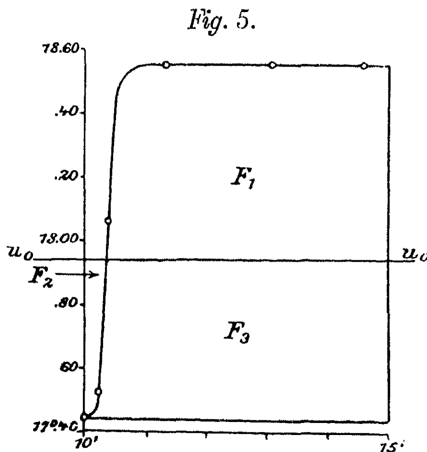
Für den Hauptversuch lesen wir aus der oben S. 138 besprochenen Kurve (8‖110) die folgenden Temperaturen ab:

Zeit	$\frac{1}{N} \times 10^7$	Grad	
10' 00"	15728.2	17.444	$= u_1$
10"	15385	515	
25"	12658	18.062	
11' 20"	10309	540	
13' 00"	341	534	
14' 30"	347	530	
15' 00"	10351.5	18.529	$= u_2$

Danach ist $u_2 - u_1 = 1.085°$ und $\frac{u_1 + u_2}{2} = 17.987°$.

Die Temperaturkurve für den Hauptversuch ist in Fig. 5 wiedergegeben: u_0 ist die rechnungsmäßig (s. u.) ermittelte Temperatur der Umgebung und F_2 und F_1 die Teile der in der Zeit 10' bis 15' umschriebenen Fläche. Durch Ausmessen oder indem man das betreffende Stück der Figur ausschneidet und durch Wägung bestimmt, erhält man $F_1 + F_3 = 5.003$ Grad × Minuten.

Fig. 5.



Zur Berechnung von U nach der Formel (2) haben wir lg B = 1.568192 für die Mitteltemperatur 17.987° aus der Tabelle S. 136 zu entnehmen.

Ferner ist: $\frac{1}{W_1} = \frac{1}{8} + \frac{1}{110} + 15728.2 \times 10^{-7} = 0.13566373$

und: $\frac{1}{W_2} = \frac{1}{8} + \frac{1}{110} + 10351.5 \times 10^{-7} = 0.13512606,$

also $\frac{1}{W_1} - \frac{1}{W_2} =$ 0.00053767.

Dann ist, nach (2), der unkorrigierte Wert von $U = 1.08519°$. (Für $u_2 - u_1$ war oben, angenähert, gefunden worden 1.085°.)

Diese gemessene Temperaturerhöhung U muß nun korrigiert werden wegen des Wärmeaustausches mit der Umgebung während des Hauptversuchs:

Nach (4) ist $\frac{du_1}{dt} = +0.0006675$

und $\frac{du_2}{dt} = -0.000791$.

Ferner berechnet sich, nach (6), $a = 0.001343$ und, nach (7), $u_0 = 17.987° - 0.0462° = 17.941°$. Dann ist $u_0 - u_1 = 0.497°$.

Nach (5) war die Korrektion $u' = a\int_{t_1}^{t_2}(u_1 - u_c)\,dt$, oder, nach der Bezeichnung in Fig. 5: $u' = a \times (F_1 - F_2)$.

Setzt man nun für $(F_1 - F_2)$ nach Fig. 5: $(F_1 + F_3) - (F_2 + F_3)$, worin $(F_1 + F_3) = 5.003$ Grad × Min. bekannt (s. o. S. 140) und $(F_2 + F_3) = 5$ Min. $\times (u_0 - u_1)$ oder $= 2.485$ Grad × Min., so erhält man:

$$u' = a \times (5.003 - 2.485) = 0.001343 \times 2.518 = +0.00338°.$$

Der korrigierte Wert von U ist demnach $1.08519° + 0.00338° = 1.08857°$.

Der Wasserwert des Apparates (s. u.) ist 17.110 K.W.S. pro 1 Grad Temperaturerhöhung. In unserem Fall entspricht also Ukorr. einer entwickelten Gesamtenergie von 17.110 K.W.S. × 1.08857 = 18.6254 K.W.S., von denen für Eisenoxyd und Salpetersäure abgehen:
0.0893 » . Es bleiben demnach für 0.70004 g Benzoesäure
18.5361 K.W.S. Hieraus berechnen sich für

1 g Benzoesäure: 26.479 K.W.S.[1]

Resultate. Im Nachfolgenden geben wir als Auszug aus einer längeren Reihe von Versuchen nur die Resultate, die bei der Verbrennung des Rohrzuckers und der Benzoesäure erhalten wurden, und bemerken dazu folgendes:

Der Rohrzucker war aus reinstem käuflichen Material durch 10 maliges Auflösen in wenig Wasser und Abscheidung mit Alkohol gereinigt. Die Proben 1 und 2 waren bei 105° unter gewöhnlichem Druck, Nr. 3 und 4 bei gewöhnlicher Temperatur über Phosphorpentoxyd im Vakuum, endlich 5 und 6 über Phosphorpentoxyd bei 100° im Vakuum getrocknet. Das feine Pulver wurde aus einem Wägeröhrchen in den Verbrennungstiegel übergeführt.

[1] Diese »Verbrennungswärme« bezieht sich auf die Umwandlung von 1 g Benzoesäure von der Versuchstemperatur in gasförmige Kohlensäure und flüssiges Wasser bei konstantem Volum des reagierenden Systems.

Die Benzoesäure war aus Harn dargestellt, mehrmals im Vakuum destilliert und dann noch über Phosphorpentoxyd wochenlang getrocknet. Sie wurde zu Pastillen gepreßt und diese im Verbrennungstiegel abgewogen.

Bei den bisherigen thermochemischen Untersuchungen ist, soweit es sich aus der uns zugänglichen Literatur ersehen läßt, keine Reduktion der abgewogenen Substanzmenge auf den luftleeren Raum vorgenommen worden. Bei der Genauigkeit der Verbrennungswerte, die wir anstrebten, war aber diese Maßregel nicht zu umgehen. Die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Gewichte sind daher auf den luftleeren Raum bezogen, wobei als Dichte für Rohrzucker 1.58 und für Benzoesäure 1.34 angenommen wurde.

Von weiteren Vorsichtsmaßregeln sei folgendes angeführt: Alle gebrauchten Gewichte sind von der Kais. Normaleichungskommission geprüft und ebenfalls auf den luftleeren Raum bezogen.

Das Manometer, das bei der Füllung der Bombe mit Sauerstoff benutzt wurde, war auf der hiesigen Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüft. Besondere Aufmerksamkeit haben wir endlich der Beschaffenheit des von uns benutzten Sauerstoffs gewidmet: Er enthielt 4 Prozent Stickstoff (bzw. Argon), dagegen waren keine nachweisbaren Mengen von Kohlensäure, Wasserstoff oder Kohlenwasserstoffen vorhanden. Um die Abwesenheit der beiden letzten zu beweisen, wurden etwa 8 Liter des Sauerstoffs über glühendes Kupferoxyd und dann durch ein Rohr mit Phosphorpentoxyd und einen mit Barytwasser gefüllten Kaliapparat geleitet.

Der »Wasserwert« unseres Kalorimeters ist bei den Bestimmungen folgendermaßen berechnet worden: Nach Jaeger und von Steinwehr entspricht das ganze Kalorimeter mit Ringrührer... 17.095 K.W.S.

Dazu kommen:	für 45 Atmosphären[1] Sauerstofffüllung	0.011 » » »
	für 0.5 ccm Wasser	0.002 » » »
	für Verbrennungsprodukte aus etwa 1 g Substanz	0.002 » » »
	zusammen	17.110 K.W.S.

Die Bombe enthält 275 ccm, d. h. mit 45 Atmosphärenfüllung: 12.38 Liter Gas von gewöhnlichem Druck. Rechnet man das spezifische Gewicht des Sauerstoffs bei 18° zu 1.34×10^{-3}, so entspricht die Bombenfüllung 16.59 g Sauerstoff. Da die spezifische Wärme des Sauerstoffs bei konstantem Volum gleich $\frac{0.218}{1.4} = 0.156$ ist, so würden

[1] Ausschließlich 1 Atmosphäre Luft, die auch bei der elektrischen Eichung vorhanden war.

obige 16.59 g entsprechen: 2.6 cal. oder, auf elektrisches Maß umgerechnet: 0.011 K.W.S.

Die 0.5 ccm Wasser sind, dem allgemeinen Gebrauch entsprechend, in die Bombe eingefüllt, um vor der Verbrennung den Sauerstoff mit Wasserdampf zu sättigen.

Als letzte Zahl ist beim »Wasserwert« 0.002 K.W.S. eingesetzt als spezifische Wärme der Verbrennungsprodukte. In Wirklichkeit beträgt der Wert für Rohrzucker 0.0024 K.W.S. Er ist folgendermaßen berechnet: 1 g Rohrzucker gibt 0.58 g Wasser (flüssig), die bei 1° Temperaturerhöhung 0.0024 K.W.S. entsprechen. Aus dem Kohlenstoff wird eine dem verbrauchten Sauerstoff an Volum gleiche Menge Kohlensäure, die ungefähr die gleiche spezifische Wärme hat.

Stellt man dieselbe Rechnung für Benzoesäure an, so ergibt sich für 1 g verbrannter Substanz als Wasserwert der Produkte 0.0017 K.W.S., weil hier nicht allein für den Kohlenstoff, sondern auch noch für $\frac{1}{3}$ des Wasserstoffs Sauerstoff verbraucht wird, und weil außerdem die Menge des Wassers erheblich kleiner ist.

Wir haben in beiden Fällen die abgerundete Zahl 0.002 K.W.S. eingesetzt, weil Differenzen in der 4. Dezimale innerhalb der Fehlergrenzen der Methode liegen.

Für die Bestimmung der Salpetersäure diente eine Lösung von Natriumkarbonat, die im Liter 3.7066 g Na_2CO_3 enthält und von der 1 ccm einer Kalorie entspricht. Dabei ist nach Berthelot angenommen, daß die Bildungswärme von 1 g HNO_3 (in Wasser gelöst) 2.27 cal. beträgt. Dieselbe Lösung von Natriumkarbonat hat auch Stohmann benutzt.[1]

Als Verbrennungswärme für Eisen (zu magnetischem Eisenoxyd) rechnet Stohmann (J. pr. Ch. **39**, 508) 1601 cal. pro Gramm, während Berthelot (Thermochem. Messungen S. 84) 1650 cal. pro Gramm annimmt. Diese letztere Zahl ist auch im französischen Original S. 139 enthalten und eigens für die Berechnungen von Verbrennungswärmen angegeben. Je nachdem man den einen oder anderen Wert einsetzt, würde für unsere Korrektion in K.W.S. (s. Tab.) eine Differenz von 0.0013 entstehen. Wir haben die Berthelotsche Zahl vorgezogen, um so mehr, als noch eine andre Wärmemenge zu berücksichtigen ist, die dem Eisendraht bzw. den Zuleitungsdrähten innerhalb der Bombe zugeführt wird, bis er verbrennt und durchschmilzt.

Da wir einen Strom von 5 Akkumulatoren benutzen, so erfolgt die Erwärmung sicherlich in einem kleinen Bruchteil einer Sekunde. Wir nehmen an, daß in dieser Zeit keine in Betracht kommende Wärme

---

[1] Journ. prakt. Chem. **39**, 522.

durch Leitung oder Strahlung in die Bombe gelangt. Um die andre Wärmemenge annähernd abzuschätzen, wollen wir die Annahme machen, daß eine Erhitzung des Drahtes auf 600° erfolgt. Da 5 cm Draht, die wir stets verwenden, 6.85 mg wiegen und die spezifische Wärme des Eisens etwa 0.1 beträgt, so würden zur Erhitzung 0.4 cal. oder 0.0017 K.W.S. nötig sein, was ungefähr der oben angegebenen Differenz zwischen den Verbrennungswärmen für den Eisendraht entspricht, die sich nach dem alten Wert (1601 cal.) oder nach dem neuen BERTHELOTschen Wert (1650 cal.) berechnen. Wir machen übrigens darauf aufmerksam, daß es sich hier nur um eine Größe handelt, die bei unsern Bestimmungen mit Rohrzucker noch nicht ganz $\frac{1}{10000}$ der Gesamtverbrennungswärme ausmacht.

Nr.	$\frac{u_1 + u_2}{2}$ Grad	U Grad	Korrektion für Wärme-austausch	K.W.S. brutto	Korrektion für Eisendraht: 0.0473 + HNO_3: x / K.W.S.: ?	Angewandte Substanz g (absol.)	Verbrennungswärme pro Gramm K.W.S.	Abweichung in Promille
A. Rohrzucker.			+0.00		−0.0			
1.	16.904	0.88214	345	15.1524	661	0.9120	16.542	−2
2.	18.400	1.11442	306	19.1201	703	1.1510	551	+4
3.	18.506	0.94857	575	16.3284	682	0.9827	546	+1
4.	18.549	0.89439	469	15.3833	682	0.9260	539	−4
5.	17.860	0.89156	142	15.2789	669	0.9196	542	−2
6.	18.117	0.94792	370	16.2822	682	0.9796	552	+4
						Mittel	16.545	
B. Benzoesäure.								
1.	15.874	1.48057	715	25.4549	841	0.9585	26.469	−3
2.	15.966	1.56434	639	26.8752	870	1.01125	490	+5
3.	16.147	1.46588	861	25.2285	841	0.9498	473	−2
4.	17.987	1.08519	338	18.6254	893	0.70004	479	0
						Mittel	26.478	

Schließlich wollen wir noch die Resultate von drei weiteren Bestimmungen von Benzoesäure anführen, bei denen wegen einer geringen Veränderung im Wasserwert die Berechnung etwas anders wurde. Wir geben deshalb nur die Endzahlen für die Verbrennungswärme pro Gramm und die Abweichungen vom Mittel in Zehntausendsteln an:

	26.468	−2
	471	0
	478	+2
Mittel	26.472	

Als Mittel von allen sieben Versuchen ergibt sich der Wert: 26.475 K.W.S. pro 1 g (absol.) Benzoesäure.

Um den Vergleich mit andern Werten der Thermochemie zu erleichtern, geben wir auch noch die Werte für die Verbrennungs-

wärme von 1 g Benzoesäure, gewogen in Luft; sie beträgt: 26.497 K.W. S.

Für Rohrzucker ist, wie oben angegeben, die Verbrennungswärme pro 1 g (absol.): 16.545 K.W.S.; unterläßt man die Reduktion auf den luftleeren Raum, so erhöht sich dieser Wert auf 16.555 K.W. S.

Zum Schluß vergleichen wir diese Werte mit den Zahlen, die wir früher bei Anwendung eines Quecksilberthermometers und mit der ersten ungenaueren Grundeichung der HH. Jaeger und von Steinwehr erhalten hatten. Das Mittel für Benzoesäure betrug 26.546 K.W. S. pro Gramm. Die Differenz mit obigem Wert beträgt also 2½ Promille. Wir bemerken dazu, daß früher die Substanzmenge nicht auf den luftleeren Raum bezogen war, wodurch schon eine Differenz von annähernd 0.8 Promille entsteht. Jedenfalls ist die neue Zahl nach unsrer Schätzung erheblich zuverlässiger. Bei Rohrzucker fanden wir früher als Mittel von allerdings nur drei Versuchen 16.658 K.W. S. pro Gramm, so daß gegen den neuen Wert eine Differenz von 0.113 K.W. S. entsteht. Sie würde sich auf ungefähr 0.10 K.W. S. verringern, wenn die Substanzmengen bei den alten Bestimmungen auf den luftleeren Raum bezogen werden. Aber auch dann ist die Differenz noch so groß, daß wir bei den früheren Versuchen einen Fehler annehmen müssen, der die Fehler der Methode übersteigt. Selbstverständlich halten wir die neuen Bestimmungen für sehr viel zuverlässiger.

Endlich geben wir noch eine Umrechnung der gefundenen Werte in Kalorien mit dem Faktor 1 K.W. S. = 0.2390 Kal. Danach ergibt sich als Verbrennungswärme von

1 g (absol.) Rohrzucker: 3.954 Kal.
1 g (absol.) Benzoesäure: 6.328 Kal.

oder, wenn die Reduktion auf den luftleeren Raum für die Wägung der Substanz nicht stattfindet:

1 g Rohrzucker: 3.957 Kal.
1 g Benzoesäure: 6.333 Kal.

Wir betonen jedoch nochmals, daß diese letzten Zahlen mit der Unsicherheit belastet sind, die der Bestimmung des Verhältnisses K.W. S.: Kalorie auch heute noch anhaftet.

Wir glauben bei dieser Gelegenheit auch unserem Bedauern Ausdruck geben zu müssen, daß von unserer früheren Arbeit »Über die Verbrennungswärme organischer Verbindungen«[1] in die Sammelwerke, z. B. die Tabellen von Landolt-Börnstein, nicht die Originalwerte in elektrischem Maß, sondern an ihrer Stelle nur die daraus berechneten

[1] Diese Sitzungsber. 1904. XX. S. 687.

Kalorien übergegangen sind. Da nun der Faktor, den wir damals vor vier Jahren für das Verhältnis von K.W.S.: Kalorien für den besten angesehen haben, d. h. die Zahl 0.2394, als ungenau erkannt ist, so sind jene in den Lehrbüchern enthaltenen Werte, die auf unsere Bestimmungen zurückgeführt werden, mit einem verhältnismäßig hohen Fehler belastet.

Wir müssen die Verantwortung für die dadurch entstandene Verwirrung ablehnen und bitten, bei etwaigem Gebrauch unserer Zahlen auf die Originalbestimmungen zurückgreifen zu wollen.

Ausgegeben am 6. Februar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
VI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

6. Februar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Warburg las über eine von ihm mit Hrn. Dr. G. Leithäuser ausgeführte Untersuchung: Die Analyse der Stickoxyde durch ihre Absorptionsspectra im Ultraroth.

Salpetersäureanhydrid, Stickstoffperoxyd (NO_2) und Stickoxydul haben im Ultraroth je einen intensiven Absorptionsstreifen, welcher zur qualitativen und quantitativen Analyse des betreffenden Gases dient. In atmosphärischer Luft bildet die stille Entladung ausser Ozon Salpetersäureanhydrid und Stickoxydul, der Lichtbogen nur Stickstoffperoxyd.

2. Hr. Branca legte eine Arbeit des Hrn. Prof. Dr. H. Potonié vor: Eine Classification der Kaustobiolithe.

Die Classification der gasförmigen, flüssigen und festen, heutigen wie fossilen, brennbaren Gesteine leidet unter einer Überzahl von Namen und Bezeichnungen, die vielfach eine ganz schwankende, unsichere Bedeutung besitzen und von verschiedenen Autoren in ganz verschiedenem Sinne gebraucht werden. Gerade umgekehrt fordert die überaus grosse nationalökonomische Wichtigkeit der Kaustobiolithe eine möglichst scharfe Präcisirung ihrer Entstehungsweise und ihrer Herkunft. Eine solche wird hier als Ergebniss langjähriger Untersuchungen gegeben; sie führt zu einer Hauptgliederung in die Sapropel-Bildungen, Humus-Bildungen und Liptobiolithe.

3. Hr. Waldeyer legte eine Mittheilung des Hrn. Prof. Dr. Oskar Schultze in Würzburg vor: Zur Histogenese des Nervensystems.

Es werden bei den Wirbellosen zwei Formen der peripheren Nervenfasern als weit verbreitetes Vorkommniss unterschieden und mit den Nervenfasern der Wirbelthiere verglichen. Weitere Beobachtungen über die multicelluläre Entstehung der peripheren Nervenfasern werden mitgetheilt.

4. Hr. Waldeyer überreichte ferner Sonderabdrucke zweier Mittheilungen des Reisenden der Humboldt-Stiftung Hrn. Prof. Dr. W. Volz in Breslau: Die Battak-Länder in Zentral-Sumatra (Zeitschr. Ges. f. Erdk. 1907), und Über das geologische Alter des *Pithecanthropus erectus* Dub. (Globus 1907).

Über die Analyse der Stickoxyde durch ihre Absorptionsspektra im Ultrarot.

Von E. Warburg und G. Leithäuser.

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

§ 1. Die Analyse der Stickoxyde durch chemische Methoden stößt zuweilen auf Schwierigkeiten. So haben sowohl Ozon wie NO_2 die Eigenschaft, Jod aus Jodkaliumlösung freizumachen. Auch ist eine chemische Methode zum Nachweis des N_2O in schwacher Konzentration nicht bekannt.

Die Aufnahme der Absorptionsspektra von N_2O_5, N_2O, NO_2 und NO zwischen den Wellenlängen 2.7 und 7 μ hat nun ergeben, daß nicht nur, wie früher gefunden, N_2O_5, sondern auch NO_2 und N_2O in diesem Gebiet einen sehr intensiven Absorptionsstreifen besitzen, welcher zur qualitativen und quantitativen Analyse kleiner Mengen dieser Gase benutzt werden kann.

§ 2. Die Aufnahme der Spektren geschah durch ein Spiegelspektrometer mit einem Flußspatprisma, für dessen leihweise Überlassung wir Hrn. Dr. Hauswald zu größtem Dank verpflichtet sind; es wurde automatisch in der Minimalstellung gehalten. Als Strahlungsquelle diente eine Nernstlampe, als empfangende Vorrichtung ein Vakuumbolometer (beschrieben Ann. d. Phys. (4) 24, S. 25, 1907) von 0.2 mm Streifenbreite und 7 Ohm Widerstand in Verbindung mit einem Panzergalvanometer nach der Konstruktion der HH. du Bois und Rubens. Die Reduktion auf Wellenlängen erfolgte nach den neuesten Bestimmungen der Dispersion im Flußspat von Hrn. Paschen[1]. Die Breite des Spaltbildes umfaßte einen Wellenlängenbereich von 0.02 bis 0.03 μ.

§ 3 Fig. 1 gibt die graphische Darstellung der Absorptionsspektren, das des Ozons einbegriffen; die im Gase durchlaufene Weglänge belief sich im allgemeinen auf 18 cm, nur beim NO_2 auf 30 cm. Es betrug ungefähr der Partialdruck des N_2O_5 100 mm, des NO 40 mm, des N_2O Atmosphärendruck. Auch für die einzelne Substanz gibt

[1] Ann. d. Phys. 4, 299, 1901.

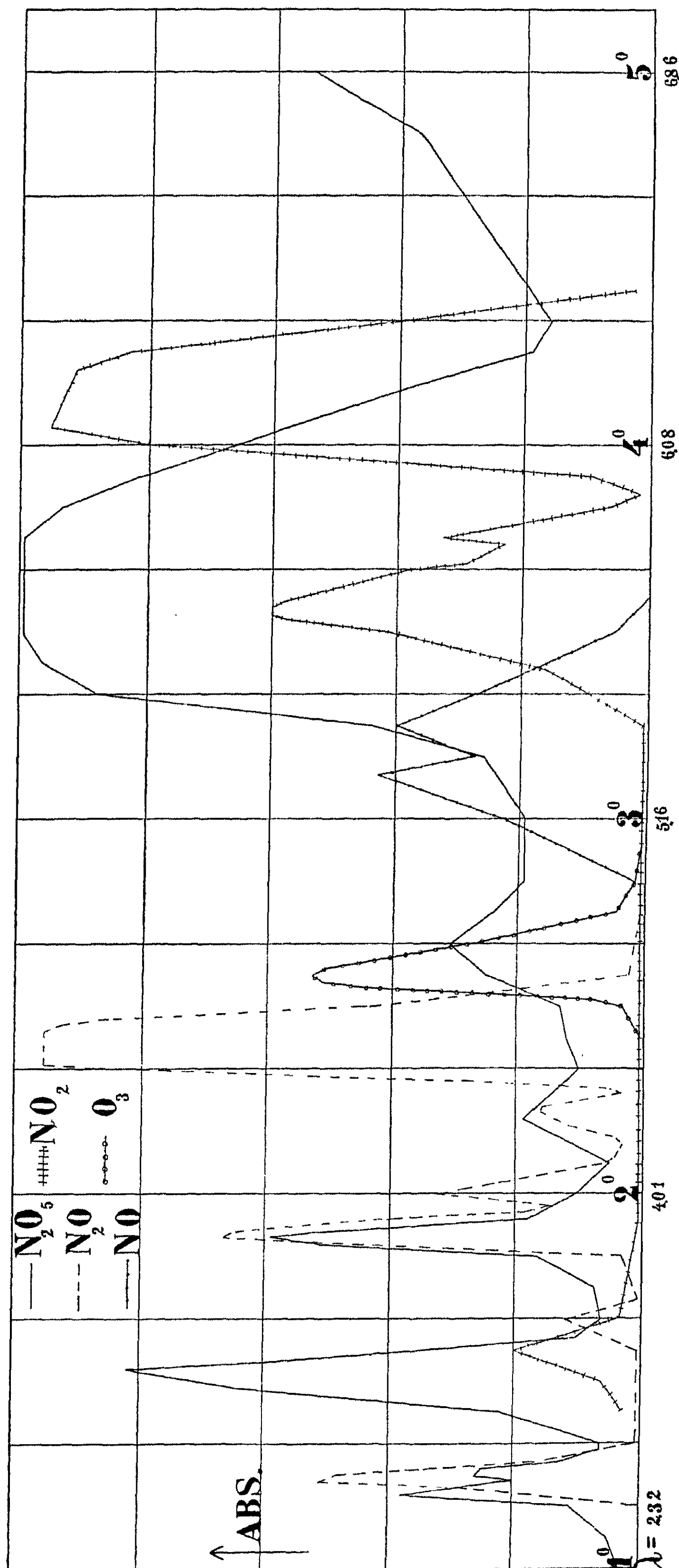


Fig. 1.

die Darstellung kein richtiges Bild von der relativen Stärke der Absorption an verschiedenen Stellen des Spektrums. Denn bei hinreichend großer Konzentration oder Schichtdicke werden sowohl die schwächer als auch die stärker absorbierbaren Wellenlängen fast vollständig ausgelöscht. Sobald ferner innerhalb der Breite des Spaltbildes die Absorption nicht konstant ist, hängt die Höhe eines Absorptionsmaximums von der Spaltbreite ab und wird um so größer, je schmaler der Spalt gemacht wird. Absorptionskoeffizienten können in einem solchen Fall nicht bestimmt werden.

In der folgenden Tabelle sind die Minimalablenkungen δ und die Wellenlängen λ der Absorptionsmaxima zusammengestellt.

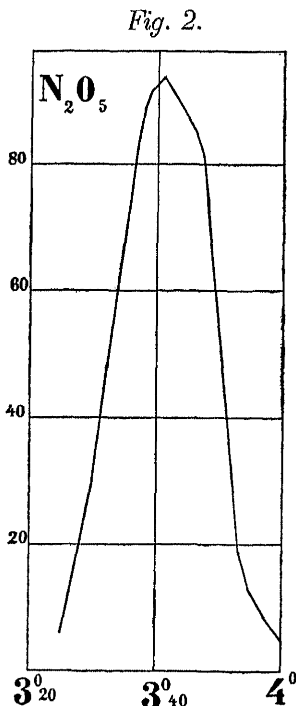
N_2O_5	δ	1°12'	1°15'	1°32'	1°53'	2°12'	2°40'	**3°41'**
	λ	2.73	2.83	3.33	3.86	4.27	4.81	**5.81**
N_2O	δ	1°14'	1°40'	1°53'	2°05'	(2°13')	**2°21'**	
	λ	2.79	3.54	3.86	4.02	(4.29)	**4.45**	
NO_2	δ	1°34'	**4°2'**					
	λ	3.38	**6.11**					
N_2O_4	δ	3°33'.5						
	λ	5.695						
NO	δ	3°4'.5	3°14'.5					
	λ	5.24	5.40					
O_3	δ	2°36						
	λ	4.74						

Für den vorliegenden Zweck interessieren besonders die intensiven, in der Tabelle fettgedruckten Absorptionsstreifen; sie sind in Fig. 2, 3, 4 für schwächere Konzentrationen dargestellt, bei welchen sie beinahe allein übrigbleiben und bei welchen die Lage der Maxima deutlich hervortritt. Fig. 1 zeigt, daß O_3, N_2O und N_2O_5 nebeneinander nachgewiesen werden können, ebenso N_2O und NO_2.

Das als NO_2 bezeichnete Gas ist in Wahrheit ein Gemisch von NO_2 und N_2O_4, und es fragt sich, welchem dieser beiden Gase die verschiedenen beobachteten Streifen angehören. Die ausgezogene Kurve I, Fig. 4, gibt nun die Absorption für eine Weglänge von 30 cm und eine schwache Konzentration, bei welcher der Partialdruck des Gases bei der Dissoziation Null 0.58 mm betrüge und bei welcher nach der Dissoziationstheorie der Dissoziationskoeffizient bei 20° sich auf 95 Prozent beläuft. Die Dissoziation zu NO_2 ist also fast vollständig, und die Kurve I zeigt, daß die Absorption bei 4°2' stark, bei 3°34' aber sehr schwach ist, wodurch bereits wahrscheinlich gemacht wird, daß der Streifen bei 3°34' dem N_2O_4 angehört. Darauf kühlten wir das Gasgemisch mittels eines um das Versuchsrohr gelegten Mantels auf ÷ 30°

ab, wobei nach der Dissoziationstheorie der Dissoziationskoeffizient auf 47 Prozent zurückgeht. Wie die auf diese Temperatur bezügliche Kurve II zeigt, ist durch die Abkühlung die Absorption bei 4°2' von 64 Prozent auf 44 Prozent herabgesetzt, bei 3°34' von 3 Prozent auf 35 Prozent erhöht; Erwärmung auf 20° brachte wieder genau die Kurve I hervor. Der Streifen bei 3°34' (5.7 μ) gehört also dem N_2O_4, der Streifen bei 4°2' (6.11 μ) dem NO_2 an; auch der schwache Streifen bei 3.38 μ rührt von NO_2 her. Sofern N_2O_4 im sichtbaren Gebiet nicht absorbiert, ist demnach für dieses Gas der Streifen bei 5.7 μ der einzige bis jetzt bekannte.

Fig. 2.



§ 4. Solange die Absorption nicht zu groß wird, ist die Methode auch zu quantitativer Bestimmung zu brauchen. Dazu mußte für das zu benutzende 30 cm lange Rohr die Absorption zusammen mit dem Partialdruck des Gases bestimmt werden. Es handelte sich dabei vielfach um Partialdrucke zwischen 0.3 und 1 mm, so daß der Inhalt des Versuchsrohres (179 ccm) zur Analyse nicht hinreichte. Wir verfuhren bei N_2O_5 und NO_2 so, daß wir den Luftstrom, welcher zur Aufnahme dieser Gase bestimmt war, durch eine Gasuhr leiteten und, nachdem die Absorption der Strahlung konstant geworden war, ein gemessenes Luftvolumen von passender Größe durch ein mit Wasser

Fig. 3.

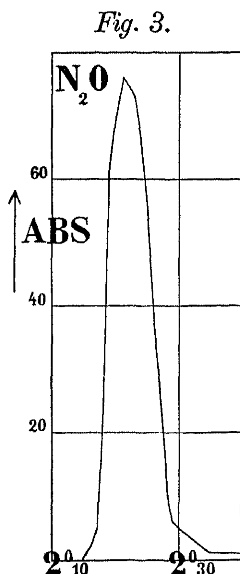
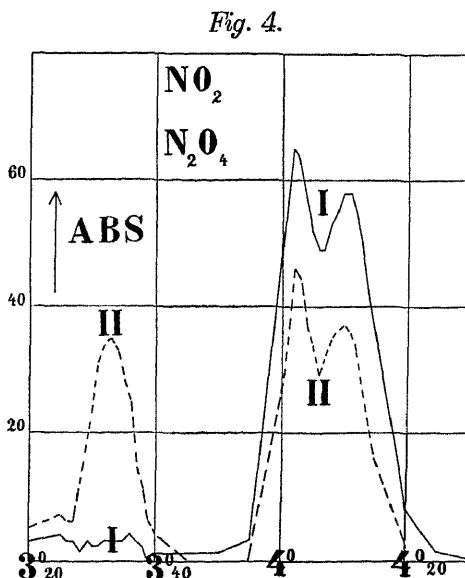


Fig. 4.



gefülltes Absorptionsgefäß treten ließen; hierbei wurde NO_2 vor Eintritt in das Wasser durch beigemischtes Ozon zu N_2O_5 oxydiert, die Salpetersäure im Wasser durch Titrieren mit $^1/_{10}$ normaler Kalilauge bestimmt. Stickoxyd brachten wir in einem Wasser-, Stickoxydul in einem Quecksilbergasometer auf die gewünschte Konzentration.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, m_1 ist die Anzahl von Molen des Gases im Kubikzentimeter, p der Partialdruck bei 18°, A die Absorption in Prozenten.

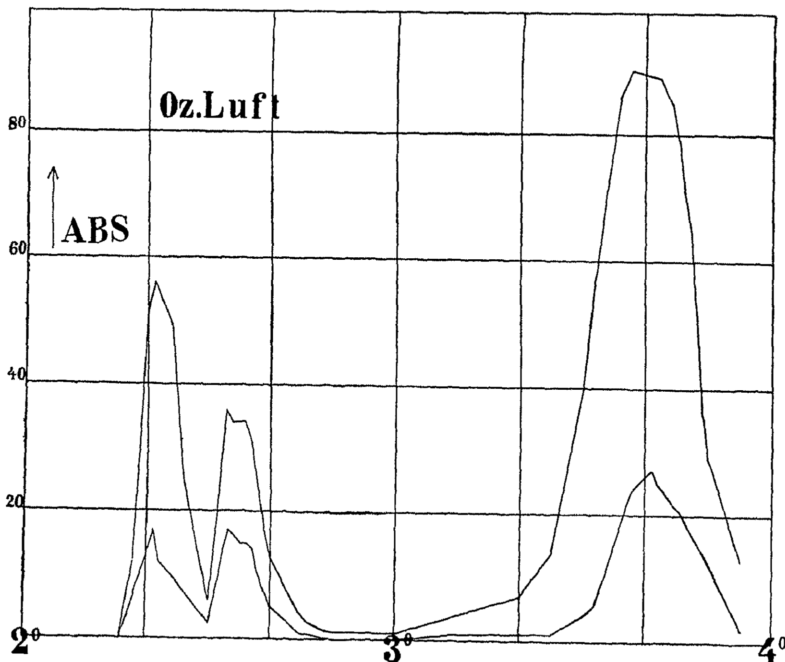
	NO ($\lambda = 5.24\ \mu$)		O_3 ($\lambda = 4.74\ \mu$)			N_2O ($\lambda = 4.45\ \mu$)		
$m_1 \cdot 10^8$	239	483	92	142	235	0.63	2.50	3.61
p	43.4	89	16.8	25.8	42.8	0.114	0.455	0.656
A	43	55	27	37	57	11.4	29.4	36.4

	NO_2 ($\lambda = 6.12\ \mu$)			N_2O_5 ($\lambda = 5.81\ \mu$)				
$m_1 \cdot 10^8$	3.97	5.43	6.25	1.26	1.44	2.04	2.68	3.01
p	0.72	0.99	1.14	0.23	0.26	0.37	0.49	0.50
A	47	57	63	35	40	51	64	70

Demnach ist die Empfindlichkeit der spektralanalytischen Reaktion am größten für N_2O_5, für NO_2 und N_2O auch sehr groß, klein für O_3 und NO. 36 Prozent Absorption wurden an der empfindlichen Stelle hervorgebracht durch Partialdrucke von 0.24 mm an N_2O_5, 0.51 mm an NO_2, 0.64 mm an N_2O, 25 mm an O_3 auf einem Wege von 30 cm Länge.

§ 5. Wir haben die dargelegten Methoden angewandt auf die Untersuchung der durch elektrische Entladungen in atmosphärischer

Fig. 5.



Luft bewirkten Stickstoffoxydation. Dabei wurde das Gas aus den Entladungsapparaten in das Versuchsrohr geleitet.

1. Stickstoffoxydation bei der Ozonisierung in der SIEMENSschen Röhre. Fig. 5 zeigt das Absorptionsspektrum für zwei verschiedene Ozonkonzentrationen. Die drei beobachteten Streifen entsprechen N_2O, O_3 und N_2O_5. Es bildet sich also, was bisher nicht bekannt war, neben Ozon außer N_2O_5 auch N_2O. In der folgenden Tabelle sind auf Grund der Ergebnisse des § 4 für drei Ozonkonzentrationen in den drei ersten Kolumnen die Partialdrucke bzw. des O_3, N_2O_5, N_2O bei 18° verzeichnet, in der 4. und 5. Kolumne die Verhältnisse der Partialdrucke des N_2O_5 bzw. des N_2O zu dem des O_3[1].

O_3	N_2O_5	N_2O	$\frac{N_2O_5}{O_3}$	$\frac{N_2O}{O_3}$
19.7	0.39	0.50	0.020	0.025
12.3	0.23	0.30	0.019	0.024
9.5	0.22	0.165	0.012	0.023

Die drei Ozonkonzentrationen entsprechen 52, 33 und 25 g O_3 im Kubikmeter.

Die Wirkung der stillen Entladung auf trockne atmosphärische Luft unter normalen Verhältnissen ist also nunmehr dahin bestimmt, daß neben O_3 auch N_2O_5, N_2O und das von HAUTEFEUILLE und CHAPPUIS entdeckte neue Stickoxyd entsteht.

2. Stickstoffoxydation bei der ozonlosen Entladung. Dieselbe wurde, wie früher (Ann. d. Phys. 20, 747, 1906) beschrieben, durch den Strom der Elektrisiermaschine zwischen Platinelektroden hergestellt. Es zeigte sich, daß neben NO_2 auch N_2O entsteht; so ergab sich in einem Versuch die Absorption bei 4° 3' (NO_2) zu 43 Prozent, bei 2° 21' (N_2O) zu 15 Prozent.

Aus NO_2, das in O_2freiem N_2 gelöst ist, bildet die stille Entladung in der SIEMENSschen Röhre N_2O; diese Wirkung kann zu der Entstehung des N_2O bei der ozonlosen Entladung beitragen.

3. Wirkung des Lichtbogens auf trockne atmosphärische Luft. Es wurde ein Hochspannungs-Wechselstromlichtbogen zwischen Platinelektroden bei einer Potentialdifferenz von ungefähr 2000 Volt in einem Glasgefäß eingeleitet, welches sich bald mit den braunen Dämpfen des NO_2 füllte. In dem Absorptionsspektrum des Gases wurden nur die drei Absorptionsstreifen des NO_2 bzw. N_2O_4 gefunden; andere Stickoxyde bilden sich also hier nicht.

[1] Der eine der beiden (Fig. 5) dargestellten Versuche eignet sich wegen zu starker Absorption nicht für diese Berechnung.

Eine Klassifikation der Kaustobiolithe.

Von Prof. Dr. H. Potonié.

(Vorgelegt von Hrn. Branca.)

Bei der entscheidenden Wichtigkeit, welche die Klassifikation der rezenten Kaustobiolithe[1] für diejenige der fossilen und deren Genesis besitzt, gebe ich im folgenden eine ganz kurze Übersicht der Ergebnisse meiner langjährigen hierauf bezüglichen Studien in möglichster Anlehnung an die bisher gebräuchliche Klassifikation und Terminologie.

Die flüssigen oder festen, brennbaren, kohlenstoffhaltigen fossilen, subfossilen oder nach ihrem Absterben gebildeten rezenten Produkte der Lebewesen — kurz gesagt die Kaustobiolithe — zerfallen in drei große Kategorien, nämlich:

I. in Sapropel- (Faulschlamm-) Bildungen,
II. in Humusbildungen,
III. in Liptobiolithe (Harz-, Wachsharz- und verwandte Bildungen).

I. Sapropelgesteine.

Die Sapropelgesteine sind besonders Sapropelite, wobei »Pelit« nur auf die feine, tonartige Beschaffenheit hinweist. Ein Sapropelit kann ganz rein sein (ausschließlich aus organischen Resten hervorgegangen), oder kann noch anorganische Bestandteile, ebenfalls von Pelitnatur enthalten. Wo die Sapropelgesteine viele psammitische Bestandteile haben, ist von Sapropsammiten zu sprechen, die weit seltener sind.

Lagerstätten von Sapropelgesteinen sind vor allem stagnierende bis halbstagnierende Wässer. Sind sie mit Sapropel oder Sapropel enthaltenden Sedimenten vollständig erfüllt, so haben wir sehr gefährliche Sümpfe.

---

[1] Von καυστός, brennbar, im Gegensatze zu den Akaustobiolithen (wie z. B. Korallenriffkalk), die nicht brennen bzw. keine brennbaren Bestandteile mehr enthalten.

Sapropel entsteht aus den im Wasser lebenden tierischen und pflanzlichen Organismen, unter denen die Planktonten die hervorragendste Rolle spielen. Auch in bewegtem Wasser, vorausgesetzt, daß die sapropelbildenden Teile schnell etwa durch Tonsediment zur Einbettung gelangen, kann ein Sapropelit entstehen. Die abgestorbenen Organismen und die Exkremente der Tiere sammeln sich am Grunde der Gewässer an, wo sie oft mächtige Schichten bilden, die jedoch stets, wenn auch zuweilen nur untergeordnet, Driftbestandteile enthalten; so findet sich so gut wie immer im Sapropel Blütenstaub von Windblütlern. Im Gegensatze zu den Humusbildungen, deren wesentliche Urmaterialien Kohlenhydrate sind, spielen in den Sapropelurmaterialien die Fette und wohl auch die Proteïne eine besondere Rolle, und zwar in beiden Fällen in demselben Sinne. D. h. die genannten Stoffe üben einen wesentlichen Einfluß auf die entstehenden Kaustobiolithe aus, indem die sich zersetzenden Kohlenhydrate anders charakterisierte Gesteine ergeben als Urmaterialien, die weniger Kohlenhydrate, dafür aber relativ viel Fettsubstanzen enthalten, deren Zersetzung daher auch andere Produkte liefert. Wo — kurz gesagt — einerseits Kohlenhydrate, andererseits Fette stark vertreten waren, werden auch die resultierenden Kaustobiolithe dementsprechend voneinander abweichen. Humus und Sapropel sind daher chemisch verschieden. Es soll nur dann von Sapropel gesprochen werden, wenn der organogene Schlamm noch wirklich oxydierbare (brennbare) kohlenstoffhaltige Teile enthält; sind diese bereits ganz oder fast ganz oxydiert, so können zwar immer noch wesentlich organogene Bestandteile zurückbleiben, z. B. beim Diatomeenpelit die Schalen, aber dieser Rest ist kein Sapropel mehr, sondern tritt zu den Akaustobiolithen über.

Saprokoll (Faulgallerte) ist älteres, fest-gallertig gewordenes Sapropel, es sei denn, daß sich in dem Gestein sehr zahlreiche Skeletteile, z. B. Diatomeenpanzer, befinden, wodurch die gallertige Konsistenz naturgemäß sehr wesentlich herabgemindert werden kann.

Von fossilen Sapropeliten gehören hierher die reinsten tertiären Dysodile und die reinsten paläozoischen usw. Cannelkohlen. Bogheadkohlen sind meist so »aschereich«, daß sie oft fossile Sapropeltone sind. Die fossilen, aus Sapropel hervorgegangenen Kohlen (Sapanthrakone) sind Mattkohlen.

Sapropel- (Saprokoll-) Torfe bzw. Torfsapropele (-saprokolle) nennen wir solche Kaustobiolithe, die sowohl in auffälliger Weise Sapropel- als auch Torfbestandteile enthalten, und zwar kann man unterscheiden: 1. Streifentorfe, bei denen schwache Saprokoll- und Torflagen miteinander abwechseln. 2. Sumpftorfe,

deren Struktur, da die Sapropel- mit der Torfbildung gleichzeitig einhergeht, homogener als die von Streifentorfen ist. 3. Doppleritsapropel bzw. -saprokoll, der ein Sapropel bzw. Saprokoll mit reichlichem Humussäure- bzw. Schlämm- und Schwemmtorfzusatz ist. — Von fossilen Sapropeliten wären die Streifenkohlen fossile Streifentorfe, gewisse »Pseudocannelkohlen« fossile Sumpftorfe bzw. fossile Doppleritsapropele.

Diatomeensapropel bzw. -saprokoll nennen wir einen Sapropelit, in welchem die Diatomeen gegenüber allen anderen Bestandteilen ganz außerordentlich überwiegen, so daß sie die Hauptmasse ausmachen. — Diatomeenpelite umfassen sowohl die Diatomeensapropele bzw. -saprokolle als auch die aus bloßen Diatomeenschalen zusammengesetzten Gesteine, die brennbare organische Materialien nicht mehr enthalten.

Sapropel- (bzw. Saprokoll-) Kalk oder Kalksapropel (bzw. -saprokoll) ist Sapropel mit vielem oder weniger organogenem Kalk und dem von Pflanzen niedergeschlagenen Kalk. — (Bei sehr geringem oder fehlendem Sapropelgehalt haben wir den Seekalk [wenn das Material am Grunde von Gewässern auftritt] oder Moorkalk bzw. Wiesenkalk [wenn verlandetes Wasser von Torf eingenommen wird, unter dem sich nunmehr das Material vorfindet]. Streng genommen gehören diese als Akaustobiolithe nicht hierher.)

Häufig ist bei diesen Gesteinen ein mehr oder minder reichlicher Gehalt an Diatomeen, die bei ihrer Auffälligkeit unter dem Mikroskop zu einer Verwechslung mit Diatomeenpelit geführt hat. Hierher gehört z. B. die sogenannte »Berliner Infusorienerde« Ehrenbergs, bei der es sich um Diatomeen führenden Sapropelkalk (und Saprokollkalk) handelt. — Fossile Sapropelkalke usw. sind die bituminösen Kalke.

Sapropel- bzw. Saprokollerden sind Sapropelite mit Ton-, oder Sand- oder Mergelzusatz. Im Schlammzustande sind sie oft so sapropelähnlich, daß sie sich nur unter dem Mikroskop und chemisch zu erkennen geben; lufttrocken hingegen sind sie andererseits oft wieder nicht von sapropellosen Tonen, Sanden oder Mergeln zu unterscheiden. Wenn es sich um dunkel gefärbte Sapropelite handelt, ist oft die wesentliche, starke Aufhellung bemerkenswert, namentlich wenn der Schlamm Einfach-Schwefeleisen (FeS) enthielt. (Reine Sapropelite dunkeln im Gegensatz hierzu oft nach). — 1. Sapropelton sieht meist aus wie Ton, da die Sapropelbestandteile oft nicht oder kaum färben; jedoch ist der Sapropelton von sehr weicher (halbflüssiger), schlammiger, gallertiger Konsistenz. Derzeitig werden sowohl der Sapropelton wie der kein Sapropel enthaltende Ton beide zusammengeworfen und meist als Schlick bezeichnet. Beim Erhitzen unter

Luftabschluß wird der Sapropelton aber durch den Destillationsrückstand (Kohlenstoff) des Sapropels schwarz, wodurch das Gestein als Sapropelton leicht von bloßem Ton unterschieden werden kann. Wenn man ganz sicher gehen will, wird man eine mikroskopische Untersuchung vorangehen lassen. Je nach dem geringeren oder höheren Tongehalt gewinnen die Sapropeltone die von dem lufttrockenen Sapropel her bekannte hohe Festigkeit oder sie zerfließen in Wasser getan wie Ton. — Von fossilen Sapropeliten gehören die bituminösen Schiefertone und Tonschiefer hierher (Posidonomyenschiefer usw.). — 2. Sapropelsand kann flüssig-gallertig sein, da der Sand — meist Feinsand — im Sapropel suspendiert ist. Lufttrocken — oder wenn er in der Natur den Schlammzustand verlassen hat (z. B. in Profilen) — sieht er aber wie Sand, gewöhnlich Feinsand, aus und ist hell, gewöhnlich hellgrau bis dunkelgrau. Besonders wenn es sich um Feinsand handelt, ist der Sapropelsand im lufttrockenen Zustande locker, porös, zuweilen so stark porös, daß man einen stark ausgelaugten Feinsand oder einen Diatomeenpelit vor sich zu haben glaubt. Beim Erhitzen unter Luftabschluß wird er aber wie der Sapropelton durch den Destillationsrückstand schwarz. Eine vorherige mikroskopische Untersuchung ergibt natürlich figurierte Sapropelbestandteile (z. B. u. a. auch Diatomeen, wodurch eine Verwechslung mit Diatomeenpelit erst recht möglich ist). Die lockere Beschaffenheit des nicht mehr im Schlammzustande befindlichen Sapropelsandes bedingt die leichte vollständige Zersetzung der Sapropelbestandteile. Die Sapropelsande zeigen also nach dem Gesagten lufttrocken nichts von der bedeutenden Festigkeit des lufttrocknen Sapropels, sondern zerfallen sehr leicht.

II. Humusgesteine.

A. Lagerstätten.

Bildung von Humus findet statt: a) auf den Böden, und zwar auf nassen und trocknen, b) untergeordnet in dem Boden durch sich zersetzende oder solche Pflanzenteile, die in frischem Zustande von Sedimenten eingebettet werden. Diese Bildungsstätten können zu Humuslagerstätten führen, und zwar sind die wichtigsten derselben die Moore. Es gibt aber auch Humusvorkommen, die nicht gleichzeitig die Bildungsstätten sind, wo nämlich fertiger Humus einen Transport erlitten hat und zum Wiederabsatz gelangt ist.

Moore sind Gelände mit Humusboden; der Humus ist entweder unter Wasser oder auf nassem oder vernäßtem Boden entstanden und muß in reichlicher Menge vorhanden sein. — Wo die Bodenbeschaffen-

heit sumpfig ist, wird man von einem Moorsumpf sprechen, im Gegensatz zu einem Sapropelitsumpf. Wo die Humus- (Torf-) Entwicklung schwächer ist, das Gelände nur einen etwas moorigen Boden besitzt, sprechen wir von einem anmoorigen Gelände oder Boden. Die verschiedenen Moorarten charakterisieren sich durch Unterschiede in ihrem Vegetationsbestande. Die meisten unserer Moore sind namentlich durch die im Interesse ihrer Bewirtschaftung vorgenommenen mehr oder minder weitgehenden Entwässerungen nicht weiter Humus produzierende oder nur unwesentlich zunehmende, bei überwiegendem Verwesungsprozeß sogar an Humus abnehmende »Tote Moore«. Bei den »Lebenden Mooren« hingegen findet eine durch Wachstum erfolgende gleichmäßige Humusvermehrung statt. — Wir unterscheiden

1. Flachmoore.

Sie entwickeln sich, wo tellurisches (für die Pflanzen nährstoffreiches) ruhiges Wasser vorhanden ist; das ist in erster Linie in den Niederungen der Fall, wo die Flachmoore Ausfüllungen mit ebenen oder nahezu ebenen Oberflächen bilden. Bei dem vorhandenen Nahrungsreichtum entwickeln sich auf den Flachmooren große Pflanzen mit reichlicher Stoffproduktion. Je nach der Art der zur Verfügung stehenden anorganisch-mineralischen Nahrung kann man Eisenmoore und Kalkmoore unterscheiden.

Die Flachmoore treten in verschiedenen Typen auf; sie können z. B. entwickelt sein als Flachmoorsümpfe, d. h. als Sümpfe, die in Flachmoorbildung begriffen sind. Die Flachmoorsümpfe können Übergänge von der Sapropelitsumpfform zur eigentlichen Moorform sein. Bei einer Verlandung eines Wassers oder Sumpfes durch Sumpf- und Moorpflanzen erzeugen diese auf der Oberfläche vom Rande des Wassers oder Sumpfes aus eine schwimmende Decke, die, indem sie von Jahr zu Jahr mächtiger wird, vertorft und schließlich begehbar werdend ein Schwing(flach)moor wird.

Ferner seien erwähnt die Flachmoorwiesen. Die meisten derselben sind bei uns wie auch die meisten nicht moorbildenden Wiesen überhaupt Kunstwiesen im wahren Sinne, die durch das Mähen oder Abweiden als solche erhalten bleiben. Es gibt aber auch Naturwiesen, und zwar in den Überschwemmungsgebieten der großen Flüsse. Hochwasser vernichten alljährlich alle oberirdischen Teile; Gehölze werden durch Eisgang zerstört. So findet gewissermaßen eine natürliche Maht statt. — Wo Flachmoorbildung möglich ist, aber wegen klimatischer Einflüsse Baumwuchs fehlt, tritt ebenfalls natürliche Wiesenbildung auf; ebenso wie dort, wo ein Baumwuchs aus anderen

Gründen hintangehalten wird, wie z. B. in absolut stagnierendem Wasser, das von unserem Hauptflachmoorbaum, der Erle (*Alnus glutinosa*), nicht vertragen wird.

Eine besondere Wichtigkeit haben die Flachmoorwälder. Wo die Einflüsse, die zur Flachmoorwiesenbildung führen, nicht zur Geltung kommen, sehen wir Flachmoorwaldbildung eintreten. Die Bewaldung von Mooren findet bei uns vorwiegend durch Erlen statt: Erlenmoore. Es gibt auch Eichenmoore, bestanden mit *Quercus pedunculata*, Fichtenmoore, bestanden mit *Picea excelsa*, Birkenmoore, bestanden mit *Betula pubescens* usw. oder mit Mischbeständen.

Die fossilen Kohlenlager, insbesondere die Steinkohlen- und Braunkohlenlager, sind allermeist fossile Waldflachmoore.

2. Zwischenmoore.

Zwischenmoore tragen Pflanzengemeinschaften, die teils dem Flachmoor angehören, andernteils aber für das Zwischenmoorstadium charakteristisch sind. Hierhin gehören *Ledum palustre* (in der östlichen Hälfte Norddeutschlands) und *Andromeda calyculata* (in Ostpreußen) sowie *Myrica gale* (wesentlich im westlichen Teil Norddeutschlands) und andere. Da bei der durch Torfbildung stattfindenden Bodenanhöhung in den Flachmooren aus diesen dadurch ein nahrungsschwächeres Moor, ein Zwischenmoor werden kann, indem es sich durch die Bodenanhöhung allmählich den Einflüssen des Grundwasserstandes entzieht, so kommt als eigentümliches Merkmal für die Zwischenmoore hinzu, daß vermöge der größeren Trockenheit des Bodens gegenüber dem Boden der Flach- (und Hoch-) Moore sich auch gern eine Anzahl Waldpflanzen unserer nichtmoorigen Wälder einfinden. Dort, wo sich auf den Zwischenmooren Wasser ansammelt, sind *Scheuchzeria palustris* und *Rhynchorpora alba* so recht zu Hause. Von *Carices* sind die Parvocariceten für die Zwischenmoorbildungen charakteristisch, während Magnocariceten dies für Flachmoorbildungen sind. Von Bäumen sind bei uns besonders die Kiefer (*Pinus silvestris*) und *Betula pubescens* vorhanden.

3. Hochmoore.

Hochmoore entwickeln sich, wo atmosphärisches (für die Pflanzen nährstoffarmes) Wasser oder hinreichende Luftfeuchtigkeit vorhanden sind; das ist in erster Linie auf ausgelaugten (nährstoffarmen) Böden und auf den Höhen der Fall. Unter der Voraussetzung, daß ein Bodenwasser sehr nährstoffarm ist, tritt ebenfalls die Hochmoorpflanzengemeinschaft auf. Das Zentrum großer Hochmoorflächen liegt höher

(der Unterschied kann mehrere Meter betragen) als der Rand der Moore (daher der Name Hochmoor). Bei dem Nahrungsmangel entwickeln sich auf den Hochmooren kleine Pflanzen mit geringer Stoffproduktion, oder die unter anderen Bedingungen groß werdenden Pflanzen bleiben auf dem Hochmoor kleiner und wachsen wesentlich langsamer. Die Zwischenmoore pflegen relativ schnell in Hochmoor überzugehen. Unter den Pflanzen ist sehr wesentlich das Torfmoos: die Gattung *Sphagnum* (einige *Sphagnum*-Arten kommen auch auf Flachmooren vor, aber immer nur untergeordnet). Die Fähigkeit der Arten dieser Gattung, besonders viel Wasser (es kommt das atmosphärische Wasser in Betracht) zu speichern, bedingt eine starke Vernässung des entstehenden Hochmoores; man könnte die außerhalb des Wassers, auf dem Trockenen lebenden Arten, die ein Wasserspeicherungsvermögen in hervorragendem Maße besitzen, deshalb fast als an der Luft lebende Wasserpflanzen bezeichnen, da sie sich durch ihre besondere histologische Einrichtung, die ihnen zum Leben — um nicht auszutrocknen — so notwendige große Wasserquantität schaffen. Daher vernäßt denn auch ein vergleichsweise trockenes Zwischenmoor, das dem Hochmoorstadium entgegengeht, wieder stärker. — Von den Zwischenmoorpflanzen geht eine Anzahl auf das Hochmoor, wo aber viele derselben nicht in derselben üppigen Entwicklung auftreten, wodurch sie anzeigen, daß geeignetere, d. h. die eigentlichen Wohnstätten für sie bei uns die Zwischenmoore oder ihnen entsprechende Böden sind. So ist es mit den schon genannten Arten *Ledum palustre*, *Andromeda calyculata* usw.

Besonders wichtig sind bei uns die Sphagnetum-Moore, überwiegend mit *Sphagnum* bestanden und außer Krüppelkiefern usw. wenige kleine andere Pflanzenarten dazwischen. Dieser Typus ist für regenreiche oder luftfeuchte Gebiete charakteristisch. Besonders durch Entwässerung gehen aus den Sphagnetum-Mooren Heidemoore hervor, überwiegend mit Ericaceen, namentlich *Calluna vulgaris*, bestanden. Sie tendieren in ihrem Vegetationsbestande wieder zum Zwischenmoor. In Gebieten geringerer Luftfeuchtigkeit bzw. wo die Niederschlagshöhe geringer ist, neigen die Hochmoore ebenfalls zum Heidemoortypus, jedenfalls treten dann die *Sphagna* zurück, und es drängt sich ein andres Moos, nämlich *Polytrichum strictum*, etwas stärker hervor. Danach kann man — wenigstens in Norddeutschland — Hochmoore vom Küstenhochmoortypus (Sphagnetum-Moore) und andere vom Binnenhochmoortypus unterscheiden, ohne daß freilich die ersteren nur an den Küstengebieten auftreten.

Fossile Kohlenlager, die man als die fossilen Torflager von Hochmoorbildungen ansehen könnte, haben sich bis jetzt nicht gefunden.

Lagerstätten von Trockentorf-, Moder- und andern humosen Böden treten den genannten gegenüber an Bedeutung so zurück, daß sie hier übergangen werden mögen; sie ergeben sich übrigens aus dem Folgenden.

B. Gesteine.

Das Wort Humus wird nicht nur von Laien, sondern nicht selten auch von Gelehrten auf jede durch zersetzte Pflanzen- und Tierreste schwarz oder dunkel gefärbte Bodenart angewendet. Es sei daher ausdrücklich hervorgehoben, daß hier unter Humus ausschließlich die Residua der Organismen verstanden werden (d. h. also einschließlich ihrer Aschenbestandteile), sofern es sich um kohlenstoffhaltige brennbare Produkte handelt; und zwar ist zu betonen, daß es wesentlich die Residua von Landpflanzenresten — demnach in erster Linie von Kohlenhydraten — sind, die den Humus bilden. Nur untergeordnet können Tierreste beigemengt sein.

Bei der Humusbildung findet eine ständige Anreicherung von Kohlenstoff in den Substanzen statt. Der Humus ist aus differenten Humusstoffen zusammengesetzt, deren chemische Charakterisierung jedoch noch immer aussteht. Ganz generell heißen die kolloïdal im Wasser und in Alkalien löslichen (sich mit diesen wohl verbindenden) Humusstoffe Humussäuren. Gewässer, die dunkle, färbende Humussäuren in Lösung enthalten, heißen Schwarzwässer. Dopplerit besteht aus niedergeschlagenen, im bergfeuchten Zustande fest-gallertigen, dunklen Humussäuren.

Die Streu (Streudecke), d. h. alle der Zersetzung verfallenden Pflanzenteile des Landes, kann — sofern sie nicht vollständig verwest — Humusformen erzeugen, die sich in zwei große Gruppen scheiden: in a) Torf und b) Moder.

a) Torf.

Bei der Vertorfung kann erst Verwesung (d. h. vollständige Zersetzung) und Vermoderung (d. h. Zersetzung bei vermindertem Sauerstoffzutritt) statthaben; nach dem Luftabschluß des Materials findet »Fäulnis« (d.h. Zersetzung bei vollständigem Sauerstoffabschluß) statt, die bei der Entstehung des Torfs in erster Linie in Betracht kommt.

Der Torf unterscheidet sich in: 1. Trockentorf, der auf dem Trocknen, und 2. Moortorf, der im Wasser entsteht.

Trockentorf besteht aus zusammenhängenden, dicht gelagerten, schneidbaren humosen Massen mit hohem Gehalt an makroskopisch erkennbaren Pflanzenresten.

Den Moortorf muß man unterscheiden in 1. unreifen Torf oder Rohtorf, der erst im Anfangsstadium der Vertorfung begriffen ist, so daß die ihn zusammensetzenden Pflanzenteile noch frisch sind, 2. halbreifen Torf und 3. reifen oder Specktorf. Er ist ein sehr verbreitetes Übergangsglied zum Dopplerit.

Die fossilen, aus reifem Moortorf hervorgegangenen Kohlen sind Glanzkohlen, sofern nicht, wie bei den jüngeren (insbesondere tertiären) Kohlen, durch Harzgehalt eine matte Farbe bedingt wird.

Je nach den Pflanzen oder Pflanzenteilen, die an der Zusammensetzung des Torfes teilnehmen oder ihn wesentlich oder ganz zusammensetzen, werden die Namen der betreffenden Pflanzen benutzt, um die Torfarten zu kennzeichnen. Es ist aber dabei zu unterscheiden, ob es sich erstens nur um zwar charakteristische Bestandteile im Torf handelt, die, da sie sich figuriert besser erhalten haben, auffällig geblieben sind, die dabei aber nur beschränkter zu dem Torfmaterial beigetragen haben, oder ob zweitens die Bestandteile, die die Namengebung veranlassen, aus reinen oder reineren Vegetationsbeständen hervorgegangen sind. Mit Rücksicht darauf, daß die Vegetationsbestände nach den vorherrschenden Arten bezeichnet werden, z. B. als Phragmiteten (nach *Phragmites communis*), muß man dem Gesagten zufolge aus solchen hervorgegangene Torfe auch als *Phragmitetum*-usw. Torfe bezeichnen, zum Unterschiede von solchen Torfen, in denen zwar die auffälligen *Phragmites-communis*-Rhizome vorhanden sind, ohne daß aber die Torfe aus Phragmiteten hervorgegangen wären. Diese Torfe sind weiter nichts als *Phragmites* enthaltende *Phragmites*-Torfe, die in ihren wesentlichen Bestandteilen aber aus anderen Pflanzen hervorgegangen sind.

Die meisten Torfe sind entstanden aus torfbildenden Pflanzengemeinschaften, die an Ort und Stelle lebten, wo jetzt der aus ihnen entstandene Torf lagert. Es gibt aber auch allochthone Torfe, nämlich

1. die Schwemmtorfe, entstanden aus gedrifteten, verschwemmten, noch unvertorften, abgestorbenen oder im Absterben begriffenen Pflanzenteilen. Hier haben wir den Häckseltorf (aus natürlichem Häcksel hervorgegangenen Torf, d.h. entstanden aus Pflanzenmaterialien, die beim Transport durch mechanische Angriffe zerkleinert wurden). Material, das als Strand- und Uferdrift auftritt und auf dem Lande, wo es hingeraten ist, zu einem Lager aufgehäuft wird, wird leicht Moder, wenn die Ablagerung nicht ausgiebig ist, so daß auch die unteren Partien vor Sauerstoff und weitgehender Auslaugung nicht geschützt sind. Ein spezieller Häckseltorf ist der Driftholztorf, durch Zusammenhäufung von Holz, auch ganzen Stämmen, entstanden. — Der durch Flözdrift, d. h. unter Wasser, abgesetzte Schwemmtorf

erleidet im Wasser gern eine Separation; es gibt dann spezielle Schwemmtorfe, so den Laubtorf, durch Zusammenhäufung von Laubblättern entstanden. Laubtorf kann übrigens auch auf dem Trockenen entstehen, wo der Wind sehr viel Laub zusammentreibt (Laubwehen). Da sich beide Laubtorfarten unterscheiden können, namentlich durch Sapropelgehalt des ersteren, ist es zweckdienlich, beide zu unterscheiden in Wasserlaubtorf und Trockenlaubtorf.

2. Torfe an zweiter Lagerstätte, die in zwei Formen auftreten, nämlich als Schlämmtorf, der meist aufgearbeiteter (ausgeschlämmter) und meist unter Wasser wieder abgesetzter Moortorf ist, und Bröckeltorf, der durch die Anschwemmung von Torfbrocken und -fetzen, die, vom Wasser losgerissen, gelegentlich zu Lagern oder Nestern angehäuft werden und durch Sedimentbedeckung erhalten bleibt. — Von fossilen Kohlen gehört zu den fossilen Torfen an zweiter Lagerstätte z. B. die tertiäre »Rieselkohle«. Hier wären auch die Moorausbrüche und -rutschungen zu erwähnen, die große Torfmassen verlagern können.

b) Moder.

Moder ist in Verwesung und Vermoderung begriffenes Material. Die Durchlüftung und damit hinreichende Sauerstoffzufuhr wird besonders durch wühlende Bodentiere (in erster Linie bei uns durch Regenwürmer) besorgt. Moder ist also zerkleinerte, zu Humus werdende Streu, welche auf dem Mineralboden lose gelagert aufliegt und ziemlich leicht weiter zersetzbar ist. — Ein Torf, der sich bei Luftzutritt weiter zersetzt, wird naturgemäß ebenfalls zu Moder. Über Schwemmmoder und Schlämmoder wurde früher berichtet (Sitzungsbericht vom 16. Januar).

c) Humuserden[1].

Humuserden sind anorganische mineralische Erden mit Humusgehalt oder Humus mit bemerkenswerteren anorganischen mineralischen Beimengungen. Im ersteren Falle spricht man von (schwach, stark) humosen Sanden, Tonen u. dgl., wobei es dahingestellt bleibt, wie die Mischung zustande gekommen ist. Der Zusatz des Wortes »-Erde« zu einem anderen Wort deutet also stets auf ein Mischprodukt von anorganisch-mineralischem Boden mit Humus.

Die Humuserden sind zu scheiden in:

1. Solche mit vorherrschender Vermoderung (milde Humuserden).

[1] Vgl. hierzu oben das Seitenstück Sapropel- bzw. Saprokollerden.

Mullerden sind solche Erden, bei denen das organische Material größtenteils verwest ist; es bleibt im organischen Mineralboden nur verhältnismäßig wenig, und zwar gleichmäßig zersetzter Humus zurück, der den Boden so vollständig homogen durchdringt, daß der Humus dem Boden eine einheitliche dunkelgelbe, hellbraune bis schwarze Färbung verleiht. Die Mächtigkeit von Mullerden kann weit über $\frac{1}{2}$ Meter erreichen. Die Humussubstanz der Mullerden heißt Mull; sie trägt den Charakter chemischer Ausfällungen. Die Mischung von Mull mit Mineralboden ist also Mullerde. Man wird demnach unterscheiden stärker oder schwächer mullhaltige Mullerde. Reine Mullböden (aus Mull allein bestehende Böden) sind nicht bekannt. Es ist daher sehr darauf zu achten, daß für einen aus Mullerde bestehenden Boden nicht Mullboden, sondern Mullerdeboden zu sagen ist. — Hierher gehören die Ackerböden in ihrem regelmäßig bearbeiteten humushaltigen oberen Teil, viele Waldböden mit bis etwa 5 Prozent (selten mehr) Mull und die Schwarzerdeböden.

Modererde ist mit Mineralsubstanz gemischter Moder, unterscheidet sich demnach von der Mullerde dadurch, daß der Moder noch zum wesentlichen Teil figuriert erhalten ist.

2. Solche mit vorherrschender Vertorfung, d. h. mit ± bleibendem Humussäuregehalt (mehr oder minder saure Humuserden).

Die Moorerden. Moorerde ist ein Gemisch von vertorften und vermoderten Pflanzenresten mit anorganisch-mineralischen Bestandteilen.

Die Bleicherden, Humusorterden. Wo eine Vertorfung eingetreten ist, wird der Mineralboden unter dem Moortorf bzw. Trockentorf durch Infiltration von Humussäuren mehr oder weniger stark entfärbt; infolge der Auflösung (Auslaugung) leichter löslicher anorganisch-mineralischer Bestandteile (Eisen- usw. Verbindungen), die tiefer geführt, sich dort wieder ausscheiden, bildet sich eine Orterde (bei noch erdiger Beschaffenheit). Bei uns speziell handelt es sich, da in derselben Zone auch die Humussäuren zum Niederschlag kommen, um Humusorterde bzw. — wenn die Erde vollständig zu »Stein« verkittet worden ist — um Humusortstein. Humusort heißt das Gestein im Gegensatz zum Eisenort: Eisenortstein bzw. Eisenorterde. Zwischen Humusort und Eisenort sind alle Übergänge vorhanden. Man wird typische Mittelbildungen Humuseisenorterde bzw. -stein nennen. Die entfärbte Schicht ist die Bleicherde (speziell z. B. Bleichsand). Sie ist oft durch Humussäuren und eingeschwemmte Humussubstanz mehr oder weniger stark, unter Umständen bleigrau bis schwarz gefärbt, kann aber auch fast gänzlich der Humusbestandteile ermangeln (reine Bleicherde). Es ist darauf hinzuweisen, daß gewöhnlich die unmittelbar unter dem Torf lagernde

Bleicherde (das Sohlband) torfiger ist als die dann darunter folgende. Es scheidet sich also in den Profilen die Bleicherde oft merkbar in zwei Horizonte: eine stärker torfige (bzw. humose) obere und eine weniger torfige untere Bleicherde.

III. Liptobiolithe[1].

Die Stoffe, aus denen die Gesteine bzw. Mineralien dieser Gruppe bestehen, sind sehr schwer verweslich, weshalb sie, bei hinreichender Produktion durch die Pflanzen, leicht nach der vollständigen Verwesung der übrigen Bestandteile zurückbleiben. Aus einer sehr stark harz- und wachsharzhaltigen Flora können daher die genannten Produkte als Gestein zurückgelassen werden, wie das bei dem rezenten Denhardtit und dem (tertiären) reinen Pyropissit der Fall ist.

Hierher gehören also die Harz- und verwandten Bildungen bzw. solche, die durch diese Stoffe wesentliche Eigenschaften gewinnen. Als Beispiele seien erwähnt Kopal, Fichtelit, Fimmenit (durch Ablagerung von Erlenpollen entstanden). Von Fossilien gehört hierher z. B. der Bernstein und mit dem Fimmenit zu vergleichen der paläozoische Tasmanit (wesentlich aus Sporen zusammengesetzt). Natürlich gibt es hier viele Übergangsbildungen zu den vorausgehenden Gruppen wie z. B. Harz- (Resinit-) Torfe und diesen entsprechend die Harzkohlen wie die mit Pyropissit gemengte Braunkohle u. dgl.

[1] Von λείπω, zurücklassen.

Zur Histogenese des Nervensystems.

Von Prof. Dr. Oskar Schultze
in Würzburg.

(Vorgelegt von Hrn. Waldeyer.)

In mehreren im Jahre 1905 erschienenen Abhandlungen habe ich unter Hinweis auf entsprechende Angaben von Balfour, Kupffer, Dohrn u. a. mitgeteilt, daß periphere Nerven von Vertebraten bis zu einem Stadium zurückverfolgt werden können, in welchem der spätere Nerv noch aus einer einzigen marklosen Faser besteht, die sich als eine Kette weniger bipolarer Zellen oder als ein kernhaltiger Plasmafaden darstellt — ganz entsprechend der Darstellung von Schwann und der von Kölliker aus dem Jahre 1846. Für den Ramus sup. nervi lateralis vagi konnte ich zeigen, daß die periphere Endzelle einer solchen Einzelfaser bei eben ausgeschlüpften Tritonlarven in der Epidermis liegt, aus welcher sie weiterhin in die Tiefe verlagert wird. Es endigt also hier vorübergehend eine sensible Leitungsbahn in einer Epidermiszelle, entsprechend dem vornehmlich durch v. Lenhossék und Retzius bei zahlreichen Wirbellosen bekannt gewordenen Dauerzustand epidermoidaler Perzeptionszellen und den nunmehr definitiv von Dogiel nachgewiesenen Nervenendzellen in der Epidermis des Amphioxus. Meine Befunde widersprechen, wie ich hervorhob, der bisher noch weitverbreiteten Hypothese des freien Auswachsens der Nervenfasern von zentralen Zellen aus und der sekundären Auflagerung sogenannter Scheidenzellen. Sie nähern sich vielmehr der alten Hensenschen Auffassung.

Die jungen Nervenfasern meiner Beobachtungen stimmen überein mit den bei der Regeneration eines durchschnittenen Nerven in dem peripheren Stumpf unabhängig[1] von dem zentralen auftretenden Fasern, die als kernreiche, noch fibrillenfreie Protoplasmabänder oder »Bandfasern« bekannt sind. Th. Engelmann hat im Vorjahre der Akademie mikroskopische Beobachtungen an normalen und verletzten

[1] In dieser Beziehung herrscht erfreuliche Übereinstimmung unter den zahlreichen Bearbeitern der Nervenregenerationslehre.

Nerven mitgeteilt, welche gleichfalls zugunsten der Lehre sprechen, daß jede periphere Faser nicht als ein Zellausläufer mit einem trophischen Zentrum, sondern als eine Kette genetisch selbständiger Zellen und Zentren zu betrachten ist.

Die Frage, wie aus der die Nervenanlage darstellenden Einzelfaser der spätere, viele Fasern enthaltende Nerv wird, mußte ich auf Grund zahlreicher Beobachtungen dahin beantworten, daß unter fortwährender mitotischer Teilung der Kerne der ursprünglichen Einzelfaser sich sowohl das Längen- als das Dickenwachstum der sich neurofibrillär differenzierenden Bahn vollzieht.

Die wiederholte Prüfung meiner Angaben hat mich in jeder Beziehung in meiner Auffassung bestärkt, so daß ich sie — unterstützt durch die folgenden Mitteilungen — vollkommen aufrechterhalte.

Das Längenwachstum des Nerven geht unter mitotischer Teilung der die Zellketten bildenden Elemente und unter fortwährender Erhaltung der protoplasmatischen Kontinuität vor sich. Der Kernteilung folgt keine Zellteilung, wie es die Entwicklung einer Leitungsbahn gleichsam erfordert. Die Vermehrung der Fasern — das Dickenwachstum des Nerven (abgesehen von dem Dickenwachstum der Fasern) — findet unter Längsspaltung statt. Hierbei ist die mitotische Kernteilung von Zellteilung gefolgt, wie es die isolierte Leitung erheischt.

Das Wachstum des Nerven wird so im Sinne der Zellenlehre auf das allgemein gültige Prinzip mitotischer Teilung der konstituierenden morphologischen Elemente zurückgeführt. Diese Elemente nenne ich deshalb Nervenfaserzellen. Ihre Kerne — die Kerne der bisherigen sogenannten Schwannschen Scheidenzellen — nenne ich Nervenfaserkerne. Sie entsprechen genetisch den Muskelfaserkernen. Das Protoplasma der Nervenfaserzellen wird, wie das der Nervenzellen, Muskelzellen und Bindegewebszellen, entsprechend fibrillär differenziert.

Die Elemente der ersten, rein plasmatischen, noch neurofibrillenfreien vorgebildeten Reizleitungsbahn nenne ich periphere Neuroblasten, weil es keinem Zweifel unterliegt, daß sie die Bildungszellen sind, welche den Nerv aufbauen. Held nennt dieselben Zellen »Leitzellen«, aber er nimmt an, daß sie mit der Bildung der Nerven insofern nichts zu tun haben, als sie nur die Bahn abgeben, in welcher von den Zentralzellen aus die Neurofibrillen »vorgetrieben« werden. Insofern als Held das freie Auswachsen der Achsenzylinder und deren Hinausirren in die Maschen des Bindegewebslabyrinths als irrtümlich erkannte, hat er sich von der Ausläuferhypothese losgesagt. Aber er glaubt — immer noch unter dem Einfluß dieser durch das in seiner ursprünglichen Form heute als unrichtig erwiesene Wallersche Gesetz eingeschleppten und embryologisch ungenügend gestützten Hypothese

stehend —, daß nur die Zentralzellen neurofibrillenbildend sind. Eine motorische Vorderhornzelle soll z. B. die ganze, bis meterlange Achsenfibrillenbahn ohne jede Mitbeteiligung der syncytialen Leitzellenbahn aus sich allein in diese Bahn heraustreiben. Bewiesen ist aber nur, was ich nie bezweifelt habe und was durch die schönen Neurofibrillenmethoden klar gezeigt wird, daß die neurofibrilläre Differenzierung in der Leitzellenbahn zentral beginnt und peripherwärts fortschreitet. Darum ist die bündige Erklärung Helds, daß meine peripheren Neuroblasten gar keine solchen sind, ganz ungerechtfertigt. Die anfangs fibrillenlosen Zellen sind so gut Neuroblasten, als die den Muskel bildenden noch fibrillenlosen Zellen Myoblasten sind. Gewiß ist die Untersuchung der neurofibrillären Differenzierung innerhalb der primären plasmatischen Leitungsbahn von großem Interesse. Aber der Neurofibrillenspezialismus — sit venia verbo — darf uns nicht zur Einseitigkeit veranlassen. Die wesentliche Aufgabe weiterer Untersuchung ist die, das zeitliche und örtliche Sichtbarwerden der noch fibrillenfreien Leitungsbahn festzustellen. Hierbei ist die Anwendung der Golgischen Methode, der Methylenblaumethode und der Neurofibrillenmethoden ebenso unzweckmäßig, wie bei der Abschnürung des Medullarrohres oder des Ramus lateralis vagi oder des diffusen Nervensystems eines Cölenteraten vom Ektoderm.

Als ein Hauptgrund gegen die multizelluläre Genese der Nervenfaser wird bekanntlich vielfach die zentrale Faser angeführt, bei welcher zu keiner Zeit »Schwannsche Kerne« sich finden sollen. Abgesehen von älteren Angaben Ranviers sind aber neuere von Paladino und Fragnito über die plurizelluläre Genese der zentralen Faser, bei welcher zahlreiche Kerne zugrunde gehen sollen, zu beachten. Auch hier heißt es vor einem definitiven Urteil neue Tatsachen sammeln. Und auch die Wirbellosen mit ihren kernhaltigen Zentralfasern (s. unten) sind nicht zu vergessen.

Die auf die Histogenese gegründete Auffassung der peripheren markhaltigen Nervenfaser der Vertebraten als eine Zellkette, in welcher nur an den Einschnürungen teilweise Zellgrenzen zur Ausbildung kommen, legte eine erneute Untersuchung der Nerven der Wirbellosen nahe. Das Literaturstudium ergibt ohne weiteres, daß hier ein übersichtliches Verständnis sehr fehlt. Ich benutzte einen mehrfachen, zum Teil mit der gütigen Unterstützung der Akademie unternommenen Aufenthalt an der See zu entsprechenden Studien[1].

[1] Den HH. Cori in Triest, Heincke, Hartlaub und Ehrenbaum auf Helgoland sage ich auch an dieser Stelle herzlichsten Dank für Ihr liebenswürdiges Entgegenkommen.

Unter den wenigen markhaltigen Nervenfasern der Wirbellosen gehören zu den auffallendsten zweifellos die von Retzius zuerst beschriebenen Fasern der Garnelen. Ich konnte sie zwar nicht, wie der schwedische Forscher, bei *Palaemon squilla*, sondern bei *Crangon vulgaris* (Helgoland) untersuchen.

Die frisch in Kochsalzlösung zerzupften Konnektive des Bauchmarkes lehren ohne weiteres, daß es sich um markhaltige Nervenfasern von sehr verschiedenem Durchmesser (bis zu 90 μ) handelt, an denen alle Erscheinungen der sogenannten Markgerinnung zu beobachten sind. Wie Retzius, so finde auch ich außer der Markscheide keine Hülle. Die oft variköse Beschaffenheit der feinen Fasern erinnert ganz an die Fasern des Zentralorgans der Vertebraten. Aber trotz des Fehlens des Neurilemmas und der Einschnürungen sind die Fasern reichlich mit Kernen, die nach innen von der Markscheide liegen, versehen. Das lehren schon die frischen Fasern, deutlicher aber Querschnitte von Osmiumpräparaten mit geschwärzter Markscheide. Hier wird es vollends klar, daß die Kerne nicht zu einer Schwannschen Scheide oder zu Hüllzellen gehören, denn die Scheide fehlt, die Kerne gehören zur Nervenfaser.

Die Nervenfaser ist ein vielkerniges, von einem Markmantel umhülltes neurofibrilläres Syncytium. Jeder Gedanke an sekundär aufgelagerte Hüllzellen scheint hier vollends als eine willkürliche Konstruktion. Zudem handelt sich hier auch um zentrale Fasern. Schon Retzius hat die Lage der Nervenfaserkerne in diesen Fasern beschrieben und darin »eine in der Tat ganz eigentümliche Erscheinung« gefunden. Übrigens ist das Bauchmark trotz des Nervenmarkes in fast allen Fasern ganz blaß, wie denn überhaupt die weiße Beschaffenheit auch im Vertebratenmark und den peripheren Nerven von Säugern und dem Menschen durchaus nicht mit dem Auftreten des Nervenmarkes zeitlich zusammenfällt. Meine Untersuchungen der Nervenmarkbildung lehren z. B., daß das Rückenmark menschlicher Föten vom fünften Monat sowie der N. medianus und andere Nerven trotz der grauen Beschaffenheit schon voll markhaltiger Fasern sind, und zwar finden wir solche im Rückenmark bereits in allen Hauptsträngen.

Im Jahre 1863 hat Waldeyer bei den Nerven der Wirbellosen zwei Haupttypen unterschieden, nach welchen sich die von ihm zuerst Achsenfibrillen genannten Neurofibrillen der peripheren Nerven zu diesen vereinigen. Es ist das eine prinzipiell wichtige Unterscheidung, die heute kaum mehr Beachtung findet. Bei dem ersten Typus, den Waldeyer sehr richtig als den unvollkommeneren bezeichnet, sind in dem Nerven alle Fibrillen zu einem einzigen, kern-

reichen, von einer Hülle umgebenen Bündel vereinigt: der Nerv zerfällt nicht in Einzelfasern. Der zweite Typus faßt alle diejenigen Nerven zusammen, in welchen Gruppen von Achsenfibrillen — Achsenzylinder —, wie bei den Vertebraten, von einer Hülle umgeben werden: der Nerv besteht aus Nervenfasern. Beide Formen können, wie schon Waldeyer beschrieb, bei nahe verwandten Gruppen vorkommen. Sehr auffallend finde ich den Unterschied im Bereich der Mollusken, wo sich bei Lamellibranchiern und Gasteropoden, soweit meine Beobachtungen und das Literaturstudium lehren, nur Nerven des ersten unvollkommeneren Typus, bei den Cephalopoden jedoch solche des zweiten Typus finden. Der erste Typus entspricht durchaus dem frühen Stadium der Wirbeltiernerven, in welchem diese aus einem Bündel von Achsenfibrillen bestehen, ohne daß bereits aus Hülle und Achsenzylinder bestehende Nervenfasern ausgebildet sind.

Von Cephalopoden untersuchte ich *Eledone moschata* und *Sepiola Rondeletii* (Triest) sowie *Loligo vulgaris* (Helgoland).

Zerzupft man den frischen, zum Ganglion stellatum verlaufenden Nerv oder die von dem Ganglion ausstrahlenden Nerven von Eledone in Kochsalzlösung unter dem Doppelmikroskop, so hat man durchaus den gleichen Eindruck wie bei dem Zerzupfen eines peripheren Wirbeltiernerven, indem der Nerv sehr leicht in zahllose weiche und blasse, jedoch von schmalen glänzenden Konturen begrenzte Fasern zerfällt. Bei starker Vergrößerung erscheinen die Fasern deutlich doppeltkonturiert, der Achsenzylinder in günstigen Fällen — bei weitem nicht in allen Fasern — und bei günstiger Beleuchtung außerordentlich fein fibrilliert. Einzelne spindelförmige Kerne sind frisch sichtbar, besser und mehr natürlich nach Essigsäurezusatz. Querschnitte gefärbter Osmiumpräparate zeigen die dünne, glänzende, nicht durch Osmium geschwärzte Hülle in doppelter Konturierung, an deren Innenfläche die Kerne liegen. Bei meiner Osmium-Hämateïnfärbung, welche für den Nachweis der ersten Spuren des Nervenmarks bei Wirbeltieren ausgezeichnete Resultate liefert, erscheint auch diese Hülle der Cephalopodennervenfasern dunkelschwarz, im Gegensatz zu den grauen Achsenfibrillen und der grauen Bindesubstanz (an Schnitten unter 5 μ). Diese Reaktion sowie das optische Verhalten, welches diese Fasern als »dunkelrandig, doppeltkonturiert« erscheinen läßt, möchte uns veranlassen, die Fasern als markhaltig zu bezeichnen. Die Hülle einfach als Neurilemma aufzufassen, scheint mir unstatthaft, da wir ein derartiges Neurilemma sonst nicht kennen. Ist es aber Mark, so würden kernführende markhaltige Fasern ohne Neurilemma vorliegen. Sie würden sich von den Garnelenfasern nur durch die viel dünnere Markhülle unterscheiden. Das Ausbleiben der Osmiumreaktion spricht nicht

unbedingt gegen das Vorhandensein von Nervenmark. Denn wir wissen seit den klaren Ausführungen von Gad und Heymans, daß nur das Myelin als einer von mehreren Bestandteilen des Nervenmarks die Schwärzung bedingt, daß aber das Myelin durchaus nicht in allen markhaltigen Fasern vorhanden ist, vielmehr Nervenfasern mit myelinhaltiger neben solchen mit myelinfreier Markscheide zu unterscheiden sind[1].

Die Nervenfasern von *Sepiola*, die ich an Quer- und Längsschnitten der in die Flosse eintretenden Nerven untersuchte, verhalten sich, soviel ich bisher beurteilen kann, so wie die von *Eledone*. Dasselbe gilt von *Loligo vulgaris*. Die frischen Fasern zeigen, in Seewasser zerzupft, die glänzende doppeltkonturierte Scheide sowie plattovale Kerne. In manchen Fasern finden sich glänzende Tröpfchen von dem gleichen optischen Verhalten wie die Hülle, so daß man an die sogenannten Gerinnungsbilder (»Myelinformationen«) des Nervenmarks bei Vertebraten erinnert wird. Aber auch hier tritt durch Osmiumsäure weder Schwärzung der Hülle noch jener Tropfenbildungen ein. Querschnitte der zum Ganglion stellatum laufenden, mit Osmiumsäure konservierten Nerven zeigen Kaliberunterschiede von Nervenfasern, wie sie bei Wirbeltieren nie zur Beobachtung kommen. Die stärksten kommen den markhaltigen Riesenfasern im Bauchmark von Anneliden gleich. Zwischen ihnen, die etwa 120 μ im Durchmesser haben, und den Fasern von nur 1 μ Stärke existieren alle Übergänge. Kleinere und mittelstarke Fasern zeigen, wenn der Kern überhaupt getroffen ist, immer nur einen solchen; die großen Fasern können in einem Querschnittbild 3—4 Kerne enthalten. Die Kerne liegen nach innen von der doppeltkonturierten Hülle. In dünneren Fasern füllt der Kern im Querschnitt oft die halbe Faser aus. In dem Achsenzylinder liegen die sehr feinen Fibrillen dicht beieinander, nur hier und da unterbrochen durch mit Hämateïn sehr dunkel gefärbte Granula (Neurosomen), wie der Vergleich von Längs- und Querschnitten ergibt. Bei schlechter Konservierung ist hier, wie allgemein bei der Fixation von Nervenfasern, leicht zu beobachten, daß die sehr zarten Achsenfibrillen im Zentrum der Faser bis zu einem verhältnismäßig feinen Faden zusammenschrumpfen, ähnlich der Chromsäurewirkung auf die Vertebratennervenfaser, so daß dann der Eindruck einer einzigen dicken Fibrille entsteht.

Wie die Nerven der Cephalopoden, so sind auch die der großen Crustaceen, von denen ich *Cancer pagurus* und *Homarus* untersuchte, aus röhrenförmigen Fasern mit relativ dickem, aus zahllosen Achsen-

---

[1] Die Weigertsche Färbung konnte ich bisher nicht anwenden. Ist sie aber eine ausschließliche Myelinreaktion?

fibrillen zusammengesetztem Achsenzylinder und dünner, doppelt konstruierter Hülle von starker Lichtbrechung aufgebaut. Als bequemes Objekt habe ich den in der Scherenextremität unschwer zu findenden starken Nerven benutzt. Schon Ehrenberg und Remak haben bekanntlich das Vorhandensein markhaltiger Fasern bei *Astacus* behauptet. Es ist leicht zu bestätigen, daß die Fasern des Bauchmarks und des Scherennerven von *Astacus* dem optischen Verhalten der Hülle nach zu urteilen den markhaltigen Fasern nahe stehen. Auch sind im frischen Zupfpräparat die Fasern oftmals ganz erfüllt von glänzenden tropfenartigen Bildungen, die an die »Myelinformationen« erinnern. Hier aber unterbleibt, wie auch bei *Cancer* und *Homarus*, die Osmiumreaktion, auch nach tagelanger Einwirkung der Säure. Am Querschnitt des Nerven erkennt man, daß er durch Bindegewebe in Bündel zerfällt. Der Dickenunterschied der Fasern ist auch hier viel auffallender als bei dem Vertebratennerv. Bei den feinsten Fasern bis unter 1 μ Durchmesser — die stärksten messen im Scherennerv von *Homarus* 110 μ — lassen sich noch Hülle und Achsenzylinder an tadellosen Querschnitten nachweisen. Die Neurofibrillen sind außerordentlich fein und nur bei guter Osmiumkonservierung so zu sehen, wie sie sich an günstigen Fasern auch im frischen Präparat zeigen. Wie bei *Crangon* und *Palaemon* liegen die Kerne nach innen von der stark lichtbrechenden Hülle. Ob diese aber in Übereinstimmung mit den Angaben Friedländers über die Hülle der Fasern von *Squilla mantis*, die zu untersuchen ich noch keine Gelegenheit hatte, als Mark zu betrachten ist, muß ich dahingestellt sein lassen. Die Osmium-Kaliumbichromat-Hämateïnfärbung färbt zwar die Hülle tiefschwarz — schwärzer als die übrigen Elemente des Querschnitts, wie dünnste Schnitte lehren —, aber die Weigertsche Markscheidenfärbung hat mir keine positiven Resultate geliefert.

Auch unter den Anneliden (*Hirudo*, *Aulostomum*, *Pontobdella*, *Lumbricus*) finden wir röhrenförmige Fasern des vollkommeneren Typus. Bei *Lumbricus* hat bekanntlich Leydig zuerst die markhaltigen Riesenfasern des Bauchmarkes richtig erkannt. Ich schließe mich Friedländer, der diesen Fasern noch die markhaltigen Fasern von *Mastobranchus* anreihte, insofern an, als ich die Frage, ob die röhrenförmigen Fasern des Bauchmarkes von *Lumbricus* allgemein als mit dünner markhaltiger oder markähnlicher Hülle versehen zu deuten sind, für unentschieden halte.

Für die Beobachtung peripherer sensibler Verzweigungen fand ich in den Elytren von *Lepidastenia*, *Polynoe*, *Hermione* und *Aphrodite* ein vortreffliches Objekt. Hier handelt es sich nicht mehr, wie

in den Hauptstämmen — wie bei den Vertebraten —, um röhrenförmige Fasern, sondern um »marklose Fasern«. Sie führen reichliche Nervenfaserkerne, sind deutlich feinfibrilliert und entbehren der Hülle. Besonders nach dem freien Rande der Elytren hin bilden sie ein zartes Netz mit unregelmäßig polygonalen Maschen, das ganz an das sensible Zellennetz (syncytiale Netz) der Amphibienlarven und vieler Wirbellosen erinnert und diesem homolog sein dürfte.

Fasse ich alles zusammen, was mir meine bisherigen Untersuchungen der Nerven der Wirbellosen ergeben haben: Bei Wirbellosen kommen, ebenso wie bei den Vertebraten, zweierlei Nerven in weiter Verbreitung vor. Die eine Form ist die vollkommenere. Sie besteht aus röhrenförmigen Nervenfasern mit Inhalt (Achsenzylinder) und stark lichtbrechender Hülle, die in manchen Fällen — wo sie sehr stark ist — zweifellos, in vielen — bei geringerer Dicke — fraglicherweise markhaltig ist. Die zweite Form der Nerven besteht aus einem oder mehreren Bündeln von Neurofibrillen mit ein- oder angelagerten Kernen — röhrenförmige Fasern, aus Achsenzylinder und Hülle bestehend, fehlen[1]. Sie lösen sich peripherwärts in einzelne Neurofibrillen auf. Diese Form stellt den primitiveren Typus, die Vorstufe der ersten Form, dar und tritt in der Ontogenese der Hauptstämme der Vertebratennerven vorübergehend auf, bleibt aber auch bei den Wirbeltieren peripher und in gewissen Teilen des Sympathicus dauernd bestehen. Die gewöhnliche Angabe, welche die Nervenfasern der Wirbellosen allgemein mit Sympathicusfasern und denen des N. olfactorius der Wirbeltiere zusammenfaßt und den markhaltigen Fasern der letzteren gegenüberstellt, bedarf einer wesentlichen Berichtigung. Denn es stehen z. B. die Nervenfasern der Hauptstämme bei Cephalopoden, Anneliden und Crustaceen den markhaltigen Fasern der Vertebraten viel näher als den Riechnervenfasern der letzteren und den Milznervenfasern der Wiederkäuer.

Eine erneute Untersuchung des Baues der peripheren Nerven des *Amphioxus lanceolatus* mußte mir unter den obwaltenden Umständen besonders erwünscht sein. Trotz der zahlreichen ausgezeichneten Darstellungen des *Amphioxus*-Nervensystems, von denen ich nur aus neuerer Zeit diejenigen von HEYMANS und VAN DER STRICHT, FUSARI, RETZIUS und DOGIEL anführe, vermissen wir bestimmte Angaben über den Bau der Nerven. Denn die Methylenblau-, die Gold- und die GOLGIsche Methode können, so unschätzbar sie für das Studium der Verteilung der Nerven sind, die rein histologische Frage des Baues nicht be-

[1] Auf die in den letzten Jahrzehnten durchaus unklar gewordene Bezeichnung »REMAKsche Faser« kann ich hier nicht eingehen.

friedigend beantworten, ebensowenig wie die einfache Angabe es vermag, daß die Nerven aus »marklosen Fasern« bestehen. Etwas mehr befriedigt schon die Darstellung, daß die *Amphioxus*-Nerven aus Fibrillen und eingelagerten Kernen bestehen.

Zur ersten Orientierung über das periphere System gibt es keine bessere Methode als die, die lebenden Amphioxen in mit Methylenblau gefärbtes Seewasser zu bringen (0.1—0.5 Prozent). Auffallend ist hierbei gegenüber dem sonstigen Verhalten, daß in den größeren Stämmen die Färbung mehr durch die Imprägnierung zahlloser Granula in den Nerven als durch die der Neurofibrillen zustande kommt, wie dies schon Retzius beobachtete. Auch sonst tritt die vitale Granulafärbung in den Zellen in ähnlicher Weise hervor, wie ich dies früher bei Amphibienlarven beschrieb — aber die Nervenfärbung herrscht vor.

Die Frage von dem Bau der Nerven kann, wie allgemein, nur mit der Osmiumkonservierung befriedigend gelöst werden. Ich wandte sie sowohl bei der kleinen Nordseeform als bei Exemplaren aus dem Mittelmeer an und ließ ihr die Kaliumbichromateinwirkung behufs besserer Nachfärbung folgen. Die unter der äußersten Coriumschicht gelegenen Endbäumchen der dorsalen Nerven treten in tiefschwarzer Färbung im Flächenbild nach Hämateïnfärbung sehr schön hervor, jedoch sind die einzelnen Neurofibrillen und die Kerne wenig deutlich, solange man nicht zu feinen Quer- und Längsschnitten greift. Am besten erwies sich mir Totalfärbung der mit Osmium und Kaliumbichromat behandelten Tiere mit Karminfarbstoffen, an denen sich unter dem Doppelmikroskop die gewünschten Nervenpräparate durch Präparation gewinnen lassen zur Untersuchung in schwach lichtbrechenden Medien. Quer- und Längsschnitte stärkerer Nerven erhält man leicht von den beiden in der Längsrichtung des Tieres zum Rostrum laufenden ersten »Hirnnerven« und den starken ventralen Ästen der Dorsalnerven, die mit einem Teil der anhaftenden Muskulatur durch Rasiermesserschnitt der Seite des Tieres entnommen werden.

In den peripheren Nerven des *Amphioxus* fehlen die für viele Wirbellose typischen röhrenförmigen Fasern durchaus. Die Längsansichten sowie die Längs- und Querschnitte der stärksten Nervenstämme zeigen einen einheitlich neurofibrillären Bau. Außen findet sich eine zarte, anscheinend strukturlose Hülle. Im Innern liegen zahlreiche Kerne, teils zentral, teils mehr peripher. Nur an sehr dunkel mit Hämateïn tingierten Nerven sieht man am feinen Querschnitt zarte, dunkle Septa zwischen die graugefärbte Neurofibrillenmasse von der peripheren Hülle her einstrahlen. Die Kerne

liegen teils in den Septen, teils in den durch die Septen mehr oder weniger vollkommen umscheideten Fibrillenbündeln. In den feineren Ästen fehlen Hülle und Septa, die Neurofibrillenbündel liegen nackt mit teils ein-, teils aufgelagerten Kernen. Die Nervennetze — am leichtesten nachweisbar ist das an der Innenfläche der Bauchmuskulatur gelegene — bestehen nur aus Neurofibrillen mit Kernen vornehmlich an den Knotenpunkten.

Durch den Mangel röhrenförmiger Nervenfasern und den Aufbau der Nerven[1] aus kernreichen Neurofibrillenbündeln erweisen sich die Nerven des *Amphioxus* als der unvollkommeneren, dem embryonalen Wirbeltiertypus nahestehenden Gruppe angehörig. Sie stehen also histologisch auf primitiverer Stufe, als die der Cephalopoden, Anneliden und Crustaceen.

Die von mir vertretene Auffassung des Aufbaues des gesamten Nervensystems aus Neuroblasten, die teils zu Nervenzellen (Ganglienzellen), teils zum Zwecke der Reizleitung zu syncytial vereinigten Nervenfaserzellen werden, findet eine weitere wesentliche Stütze in den genetischen Beziehungen der beiden Zellformen, welche aus folgenden Beobachtungen sich ergeben.

1. Die Entwicklung des durch seine oberflächliche Lage und seinen Verlauf besonders günstigen Nervus lateralis vagi der Amphibienlarven lehrt, daß der anfangs rein zellige und noch nicht neurofibrilläre Nerv als Zellstrang aus dem Ektoblast in loco hervorgeht, wobei die spindelförmigen Zellen des Hinterendes des während des Wachstums zunächst mit dem Ektoblast verbunden bleibenden Nerven ohne jede scharfe Grenze allmählich in die Ektoblastzellen übergehen. Das beweisen unzweideutig außer Durchschnitten Flächenbilder der abgelösten und entpigmentierten Epidermis aufeinanderfolgender Stadien. Der Nerv schnürt sich als ein Ast des Baumes genau so von dem Ektoblast ab wie der Stamm, das Medullarrohr. Wenn ein Experiment einen anderen Bildungsmodus ergibt, so kann dies niemals den normalen Befund in Zweifel ziehen. Vielmehr zeigt sich wieder, daß es unter Umständen verfehlt ist (Harrison), aus experimentellen, unter abnormen Bedingungen gewonnenen Befunden weitgehende Schlüsse auf normales Geschehen zu ziehen.

2. Die an dem N. lateralis und an seinem Ramus superior gemachte Beobachtung inniger Beziehungen der den Nerven aufbauenden Nervenfaserzellen zu dem Ektoblast legt den Gedanken nahe, daß wie die zentralen so auch die peripheren Neuroblasten bei den Vertebraten frühzeitig aus dem ektodermalen Verband ausscheiden, um im Meso-

[1] Im Zentralorgan finden sich röhrenförmige Fasern.

derm zu proliferieren[1]. Dieser Gedanke findet eine gute Stütze in der Tatsache, daß das gesamte diffuse oder noch wenig zentralisierte Nervensystem eines Cölenteraten dem ektodermalen Verband entstammt, daß das Nervensystem der Echinodermen sowie ganze Nervenstämme bei manchen Würmern dauernd im Ektoblast verbleiben, und daß bei *Astacus* auch die peripheren Nerven, wie das Zentralnervensystem, aus dem Ektoblast hervorgehen.

3. Seit der Veröffentlichung meiner letzten Arbeiten auf diesem Gebiete habe ich mich andauernd mit der Nachprüfung der früheren Angaben und deren Erweiterung beschäftigt. Hiernach halte ich auch das Folgende in vollem Umfang aufrecht. Das Vorhandensein eines integumentalen kontinuierlichen Netzes multipolarer nervöser Zellen, in welches zahllose marklose und markhaltige Fasern eintreten, sowie die Umbildung dieses dem sensiblen Nervenzellennetz vieler Wirbellosen homologen Netzes in ein Nervengeflecht markhaltiger Fasern auf dem Wege mitotischer Teilung in der von mir beschriebenen Weise, stehen für mich fest. Der Plexus nervosus profundus der Amphibienhaut entsteht in loco aus dem primitiven syncytialen Zellennetz. An jedem Knotenpunkt des Geflechts lag ursprünglich eine multipolare Nervenzelle. Durch Mitose liefert sie zahlreiche Nervenfaserzellen. Beide Zellformen sind genetisch aufs innigste verwandt.

4. Dieselben innigen Beziehungen fand ich in Folgendem: Aus dem von mir in der Gaumenschleimhaut von Amphibienlarven beschriebenen nervösen Zellennetz geht in gleicher Weise wie in der Haut der bekannte Plexus markhaltiger Fasern auf mitotischem Wege hervor. In den hinteren, dem Rachen angehörigen Teil dieses Plexus sind bekanntlich Ganglienzellen eingeschaltet. Diese sind nicht etwa »eingewandert«. Sie entstehen in loco. Innerhalb einzelner multipolarer Zellen des Netzes tritt in der betreffenden Gegend eine Kernvermehrung ein. Einzelne der mehrfachen Kerne gewinnen eine auffallende Größe und nehmen die für viele Ganglienzellen typische große Kugelform mit großem Nukleolus an. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß wir es hier mit den Kernen der späteren Ganglienzellen zu tun haben, die sich als solche erst später abschnüren. Aus dem ursprünglich gleichartigen Zellennetze gehen also sowohl Nervenfaserzellen als Ganglienzellen hervor.

Meine Opposition gegen die Neuronenlehre hat sich auf die Morphologie bezogen. In biologischer Hinsicht wirkt die Neuronenlehre zweifellos fruchtbringend. Aber das Neuron bedarf vom morphologischen Standpunkte aus einer anderen Definition, denn es handelt

[1] Von dem entodermalen Nervensystem sehe ich jetzt ab.

sich bei Vertebraten und bei Wirbellosen, zum mindesten in peripheren Bahnen, nicht um einzellige, sondern um vielzellige, syncytiale Leitungswege.

Nachtrag.

Nach Absendung dieses Berichts fand ich in dem sympathischen Nervensystem der Katze, sowohl im Grenzstrang als in Eingeweidenerven, eine neue Form markloser Nervenfasern von besonderer Bedeutung. Die Fasern bestehen, auf Längs- und Querschnitten untersucht, aus einer dünnen Mantelschicht von Neurofibrillen. Innerhalb dieser liegen in der Achse der Faser in Abständen Kerne von kreisrundem Querschnitt, welche das von den Neurofibrillen umgebene Zentrum fast ganz ausfüllen. Das Bild erinnert sofort an ein gewisses Stadium embryonaler Muskelfasern von Vertebraten, wo die ersten Myofibrillen zylindermantelartig die zentralen Kerne umhüllen. Dieser Befund bezieht sich auf dünnste Schnitte von Osmiumobjekten mit Neurofibrillen- und Kernfärbung.

Hier haben wir »Nervenfaserkerne«, wie wir sie nicht klarer verlangen können. Hier wird das Typische der Nervenfaser, die Neurofibrillen, nicht von »Hüllzellen« umgeben, sondern die Neurofibrillen bilden die Hülle um die vermeintlichen »Scheidenzellen«. Wo aber bleiben diese, wenn sie selbst »umscheidet« sind?

Ausgegeben am 13. Februar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei

1908.
VII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

6. Februar. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Diels.

1. Hr. Erman besprach eine Sammlung von Hymnen an das Diadem der Pharaonen aus einem Papyrus im Besitze des Hrn. W. Golenischeff zu St. Petersburg. (Abh.)

Der Papyrus ist etwa im 16. Jahrhundert v. Chr. für den grossen Tempel des Gottes Sobk im Faijum geschrieben. Die Hymnen stammen aber in ihrem Kerne aus weit älterer Zeit, zwei sogar noch aus dem alten unterägyptischen Reiche. Mehrere haben die Form der Morgenlieder, mit denen man ursprünglich wohl den König erweckte, die man dann aber früh auch als Morgengruss an die Götter verwendete.

*2. Hr. Roethe berichtete über eine Handschrift des Reinaert I auf der Fürstl. Salm-Reifferscheidt'schen Schlossbibliothek zu Dyck.

Hr. Dr. Degering in Münster ist auf die wichtige Handschrift gestossen, als er für das Handschriftenarchiv der Deutschen Commission die kleineren Bibliotheken der Rheinlande durchsuchte. Sie gehört noch in die erste Hälfte des 14. Jahrhunderts, füllt die Lücke hinter 2655, bestätigt nicht selten den Text des Reinaert II, verbessert den Text der Comburger Hds. an vielen Stellen. Besonders interessant ist, dass V. 6 hier lautet: *Die arnout niet en hadde bescreven*, was auf einen nl. Reinaertdichter Arnout, der vor Willam dichtete, hinzuweisen scheint. — Dr. Degering wird die Hds. demnächst publiciren.

3. Folgende Druckschriften wurden vorgelegt: Deutsche Texte des Mittelalters. Bd. XIII. Der Grosse Alexander, hrsg. von G. Guth. Berlin 1908; Carl Schmidt, Der erste Clemensbrief in altkoptischer Übersetzung. Leipzig 1908 (Texte und Untersuchungen zur Geschichte der altchristlichen Literatur. XXXII 1); J. Hirschberg, Geschichte der Augenheilkunde. III 2. Leipzig 1908.

Ausgegeben am 13. Februar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
VIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

13. Februar. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Penck las über den Drakensberg und den Quathlambabruch. (Ersch. später.)

Die Mittheilung führt aus, dass Südafrica nicht längs eines grossen Quathlambabruches gegen den Indischen Ocean abfällt, und dass die Steilränder des Drakensberges nichts anderes sind als Erosionsabfälle, die sich weder an eine bestimmte geologische Structur noch an einen bestimmten geologischen Horizont, sondern lediglich an widerstandsfähige Gesteine knüpfen. Der Küstensaum von Natal wird weithin von einer Flexur begleitet, durch die vor der jüngeren Kreideperiode eine Rumpffläche zum Indischen Ocean abgebogen worden ist. Diese Flexur scheint seither streckenweise in anhaltender Fortbildung gewesen zu sein, und der Wechsel von Hebungs- und Senkungserscheinungen an der Küste von Natal lässt sich erklären unter der Annahme, dass der Knoten der Flexur seine Höhenlage in Bezug auf den Meeresspiegel geändert hat.

2. Vorgelegt wurde das von dem correspondirenden Mitgliede Hrn. Levasseur eingesandte Werk: Questions ouvrières et industrielles en France sous la troisième république. Paris 1907.

Die Akademie hat das correspondirende Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe Hrn. Karl von Voit in München am 31. Januar durch den Tod verloren.

Neue Bruchstücke der Sanskrit-Grammatik aus Chinesisch-Turkistan.

Von Dr. E. Sieg
in Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. Pischel am 30. Januar 1908 [s. oben S. 117].)

Hierzu Taf. II.

Bei weiterer Durchforschung der Manuskripte aus der Sammlung von Le Coq ist mir noch ein grammatisches Bruchstück in die Hand gekommen, das derselben Grammatik angehört wie das in den Sitzungsberichten 1907, S. 466ff. behandelte. Es ist besonders interessant, weil darin die grammatischen Sūtren in Verbindung mit einem Kommentar erscheinen. Bei dem sehr geringen Umfang des Fragments — es besteht nur aus einem einzigen Papierfetzen von etwa 7 cm Höhe und 9 cm Länge — schob ich indessen die Publikation einstweilen auf, da ich hoffte, daß Prof. Grünwedels Heimkehr aus Turfan weiteres Material bringen würde. Diese Erwartung hat mich nicht getäuscht, denn in seiner reichen Sammlung von Handschriftenfunden befanden sich noch zwei Manuskripte grammatischen Inhalts, die wiederum derselben Grammatik angehören, und von denen das eine ebenfalls die Sūtren mit Kommentar gibt. Ich behandele der Reihenfolge des Inhalts entsprechend zunächst das kommentarlose Bruchstück, dann das mit Kommentar versehene der Sammlung Grünwedel und schließlich das neue Stück der Sammlung von Le Coq.

I.

Dieses Fragment, gez. T III, M 167, besteht aus einem noch ziemlich festen gelben Papierfetzen von etwa 14 cm Länge und Breite, der nach Mitteilung des Hrn. Bartus — Prof. Grünwedel krankt leider noch immer an den Strapazen der letzten Turfan-Expedition — in Murtuq im Schutt der 3. Anlage gefunden wurde. Der Sanskrit-Text ist in Śāradā-Schrift mit schwarzer Tinte bzw. Tusche auf die Rückseite eines chinesischen Blockdrucks geschrieben, dessen freie Partien

wiederum mit uigurischen Schriftproben gefüllt sind. Nur die linke Blatthälfte (s. Taf. II, Abb. 1) ist erhalten; nach Ausweis des Inhalts fehlen der kürzesten der sechs Zeilen etwa 12, der längsten etwa 7 Akṣaras. In gleicher Höhe mit der untersten, d. h. 6. Zeile, findet sich am Rande die Zahl 2, was dem Inhalt auch entsprechen dürfte, denn der Text beginnt mit der Regel = Kātantra 1. 1. 12 und reicht bis zum Schluß des ersten Pāda. Die einzelnen Sūtren decken sich vollständig mit denen des Kātantra, nur sind 21 u. 22 umgestellt, eine Anordnung, die durch das unter II behandelte Bruchstück bestätigt wird.

Der chinesische Blockdruck auf der Rückseite, die Śāradā-Schrift und die Festigkeit des Papiers lassen darauf schließen, daß das Manuskript schwerlich älter als das 9. bis 10. Jahrhundert sein dürfte; bestimmtere Grenzen sind aus der Schrift nicht zu gewinnen. Die steifen, dicken Striche, die den Buchstaben der Śāradā-Schrift ein grobes, klotziges Aussehen geben[1], treten auf diesem Manuskript besonders hervor; man beachte namentlich das Akṣara *ṇa* (Z. 2 u. 6), das hier aus einem geraden Deckstrich mit drei kurzen Vertikalstrichen von gleicher Länge besteht; den Upadhmānīya *ḫ* (Z. 3), der sich außer seiner Stellung über dem *pa* nur durch den Fußstrich vom *ṇa* unterscheidet; das *a* (Z. 1, 2 u. 4), das mit dem Deckstrich geschlossen ist, usw. — Von Ligaturen sei besonders auf *rtha* (Z. 4) aufmerksam gemacht, sie entspricht genau dem Zeichen in Bühlers Tafel 6, Kol. 8, 50, man vergleiche auch Paippalāda[2] fol. 4[a] Z. 10 *pārthivānām*. Zu *rṇa* (Z. 5) s. z. B. Paipp. fol. 2[a] Z. 3 v. u. *nyūrṇo*, zu *ñja* (Z. 5) Paipp. fol. 7[b] letzte Zeile *apaśyañ ja*. — Der Anusvāra wird in der üblichen Weise durch den Punkt bezeichnet, auch vor Labialen, der Virāma ist hier ein einfacher, schräg oben an den Buchstaben gelehnter Strich (s. Z. 4 u. 5). Visarga wird regelrecht geschrieben, doch wird er vor unverbundenem Zischlaut dem Zischlaut assimiliert, wie *ūṣmāṇaś śaṣasahāḥ* (Z. 2) zeigt. Ob auch vor tonlosen Labialen und Gutturalen der Upadhmānīya bzw. Jihvāmūlīya gesetzt wurde, läßt sich nicht ausmachen, da sich auf dem Bruchstück kein Anhalt dafür bietet: *ḫpa* (Z. 3) ist durch die Regel (s. Kāt. 1. 1. 18) geboten, zu bedauern ist, daß *ẖka*, welches wir in Z. 2 zu erwarten hätten, leider weggerissen ist. Als Interpunktionszeichen ist an den Schluß der einzelnen Sūtren ein kleiner Schrägstrich in gleicher Höhe mit dem Fuß der Akṣaras gesetzt, der beim Visarga diesen direkt zu stützen scheint (s. Z. 2 u. 3), während er dem Virāma parallel läuft (s. Z. 4). Größere Pause am Schluß des Pāda und beim Beginn der Unterschrift (s. Z. 6) wird durch Doppelstrich markiert.

---

[1] Siehe Bühler, Ind. Paläographie 1896, S. 57.

[2] The Kashmirian Atharva Veda reprod. by M. Bloomfield and R. Garbe 1906.

Ich gebe nunmehr die Umschrift des Textes in der Form, wie er in der Handschrift steht, und lasse zur Erklärung einfach die Regeln des Kātantra folgen.

T III, M 167, R. Z. 1. *ghoṣavanto nye* ¦ *anunāsikā ṅa*
2. *ūṣmāṇaś śaṣasahāḥ* | *aḥ iti*
3. *hvāmūlīyaḥ* | *ḫpa ity upadhmānīyaḥ*
4. *rayor arthopalabdhau padam* ¦ *anatikrama*
5. *vyañjanaṃ asvaraṃ paraṃ varṇaṃ nayet* | *lo*
6. *siddhiḥ* ¦ ¦ *sandhiprakaraṇe sa*

Kāt. 1. 1. 12ff.: *ghoṣavanto 'nye* ¦ 13 *anunāsikā ṅañaṇanamāḥ* | 14 *antaḥsthā yaralavāḥ* 15 *ūṣmāṇaḥ śaṣasahāḥ* | 16 *aḥ iti visarjanīyaḥ* | 17 *ẖka iti jihvāmūlīyaḥ* | 18 *ḫpa ity upadhmānīyaḥ* ¦ 19 *aṃ ity anusvāraḥ* | 20 *pūrvaparayor arthopalabdhau padam* | 21 *vyañjanam asvaraṃ paraṃ varṇaṃ nayet* | 22 *anatikramayan viśleṣayet* 23 *lokopacārād grahaṇasiddhiḥ.* Mit dieser Regel schließt im Kātantra der erste Pāda, dessen Unterschrift bei *Durga* lautet: *sandhau prathamaḥ pādaḥ.* Merkwürdig ist in unserem Text der Pausa-Strich hinter *prakaraṇe*, soll damit die Kapitelunterschrift schon geschlossen sein und das folgende *sa* etwa schon die Regel 1. 2. 1 *samānaḥ savarṇe* usw. beginnen? Andernfalls wäre vielleicht an *sañjñāpādaḥ* zu denken.

II.

Das 2. Bruchstück, gez. T III, Šōrčuq, stammt aus Šōrčuq bei Kurla und wurde dort in einem kleinen Gang (zwischen den Ruinen 40 u. 61) gefunden. Es ist ein kleines Buch in indischer Pothī-Form mit einem Schnürloch auf der linken Seite. Das Material ist gelbbraunes bzw. durch die Zeit gebräuntes Papier, die Schrift ist Brāhmī in demselben Duktus wie die Sitzungsber. 1907, S. 466ff. behandelten Blätter. Das Buch war noch durch das Schnürband zusammengehalten, aber es ist leider nur die Partie um das Schnürloch erhalten geblieben. Die Anfangs- und Schlußblätter fehlen ganz; von den vorhandenen ersten und letzten sind nur so winzige Stücke übrig geblieben, daß ihre richtige Zusammensetzung und Einordnung meist nicht mehr möglich war. Das Papier ist total zermürbt, und die Auflösung des Schnürbandes konnte nur mit der allergrößten Vorsicht ermöglicht werden, da die Blätter bei der Berührung zu zerfallen drohten. Trotzdem ist es unter Assistenz von Dr. Siegling und mir den kunstfertigen Händen des Technikers des Museums für Völkerkunde, Hrn. Buchbindermeister Schurig, gelungen, die einzelnen Blätter ohne ärgere Beschädigungen unter Glas und Rahmen zu bringen. Selbstverständlich

sind die Blätter genau in der Reihenfolge gelassen worden, in der sie sich befanden, aber der Inhalt zeigt, daß zwischen fol. 10 u. 11 ein Blatt fehlt und daß die Blätter 28/29, 37/38, 48/49 je miteinander vertauscht sind. Wie sich bei der Auflösung ergab, sind die Reste von rund 60 Blättern vorhanden. Die Höhe des auf beiden Seiten 4 zeilig beschriebenen Blattes — die Ränder sind oben und unten meist erhalten — beträgt 7 cm, die Länge jetzt im Mittel ebenfalls 7 cm (s. Taf. II, 2 a u. b); die ursprüngliche Länge läßt sich nur ungefähr aus dem Inhalt erschließen, da wir eben nur noch die Partie um das Schnürloch besitzen, auf der linken Seite dürften durchschnittlich etwa 1 bis 2 Akṣaras, auf der rechten 7—9 Akṣaras fehlen.

Die erste deutlich erkennbare Regel ist *aḥ iti visarjanīyaḥ* s. Kāt. 1. 1. 16, die letzte *ro re lopaṃ svaraś ca pūrvo dīrghaḥ* s. Kāt. 1. 5. 17. Mit Kāt. 1. 5. 18 schließt aber dessen 1. Buch, welches den Sandhi behandelt, es ist also anzunehmen, daß unser Manuskript nur dieses eine Buch enthielt, daß also am Schlusse nur wenig fehlt.

Die Schrift ist merkwürdig schwarz und klar, zweifellos eine Folge des die Blätter fest zusammenhaltenden Schnürbandes. Da nun der Inhalt — Sandhi-Regeln mit illustrierenden Beispielen im Kommentar — eine Fülle der seltensten Ligaturen bedingt, so liefert dieses Fragment eine besonders gute Ausbeute für die Brāhmī-Schrift. Hier sei nur auf 5, wenigstens in Sanskrit-Texten noch nicht belegte Zeichen aufmerksam gemacht; bezüglich der Ligaturen verweise ich auf die demnächst erscheinenden Tabellen Sieglings.

Anlautendes ṝ[1] findet sich 21^b 1 an einer Stelle, die nicht klar ist, aber über den Wert des Zeichens kann wohl kein Zweifel sein, da es sich auch neben ṛ in einer Schreibübung in Brāhmī-Schrift auf einer chinesischen Handschrift des Saddharmapuṇḍarīka gez. T II, Y 4 u. 7 findet, worauf mich Dr. Stönner aufmerksam gemacht hat; es ist das kurze ṛ mit dem unten angehängten Längshäkchen.

Ein selbständiges Zeichen für anlautendes *ai*[2] findet sich mehrfach in unserem Manuskript, 2 mal hintereinander 14^a 2 in der Regel *ekāre ai aikāre ca* s. Kāt. 1. 2. 6; es sieht aus wie ein *kha* ohne den unteren Schrägstrich[3].

Anlautendes ḷ sollten wir kurz vorher in der Regel *ḷvarṇe al* s. Kāt. 1. 2. 5 erwarten, leider ist aber gerade dieses Zeichen 13^b 2 weggerissen, auch das betreffende Kommentarstück fehlt, dagegen findet

1
2


3 Die Zeichen für ṛ, *o* und *au* sind bereits aus meiner 1. Abhandlung bekannt.

sich *mḷ*[1] 16^b 2 in der Regel *lam ḷvarṇaḥ* s. Kāt. 1. 2. 11. Dieses Zeichen für *ḷ* ist dasselbe Zeichen, das Leumann bereits in der fremden Sprache[2] — Klasse I seiner Gruppierung[3], F. W. K. Müller hat sie neuerdings[4] in geistreicher Verwertung einer uigurischen Quelle für tocharisch erklärt — als Zeichen für *l* erkannt hat.

Noch 2 weitere Bekannte aus dieser Sprache finden sich in unserem Fragment, nämlich 1. der Doppelpunkt, der hier über dem *y* zur Bezeichnung von *āy* 17^b 2[5] erscheint, in der Regel *ai āy* s. Kāt. 1. 2. 13 und 2. für den Jihvāmūlīya in *ẖkha* 43^b 4[6], jenes Zeichen, das man auch im Tocharischen als *k*-Laut erkannt hat[7]. Leider ist diese Stelle — es handelt sich um ein Beispiel für *kakhayor jihvāmūlīyaṃ na vā* s. Kāt. 1. 5. 4 — die einzige, an der sich in unserem Manuskript der Jihvāmūlīya findet, denn die betreffenden Stellen zu *ẖka iti jihvāmūlīyaḥ* s. Kāt. 1. 1. 17 auf 6^a fehlen, und sonst wird immer der Visarga gesetzt[8].

Der Visarga erscheint überhaupt in diesem Manuskript ständig wo wir ihn nach den Regeln des klassischen Sanskrit erwarten sollten, auch vor tonlosen Labialen und vor Sibilanten. Die Fälle, wo er weggelassen wird, sind außerordentlich selten und offenbar nur Schreibfehler; ich habe nur folgende Stellen notiert: *ra śakāraḥ* 29^b 2 für *raḥ śa°*, *ṅananā khalu* 33^b 1 für *°nāḥ*, *bho gaccha* 48^a 4 für *bhoḥ*, *agni daha°* 48^b 2 für *agniḥ*. Dagegen findet er sich überflüssigerweise noch in *[utti]ṣṭhaḥ* 20^b 4 für *°ṣṭha*, *kaḥ ṣṭāsaya* 42^b 1 für *kaṣ ṭā°* und

---

1 [Schriftzeichen]

2 Über eine von den unbekannten Literatursprachen Mittelasiens, Zapiski Imp. Akad. Nauk, VIII. Serie, T. 4, Nr. 8, St. Petersburg 1900, S. 10, Note 13.

3 Siehe ZDMG. 61, 1907, S. 648—658.

4 Siehe Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1907, S. 958—960.

5 [Schriftzeichen]

6 [Schriftzeichen]

7 Siehe Leumann a. a. O. und Hoernle, JASB. 70 P. 1, Extranr. 1, App. 1901 und Faksimile-Reprod. 1902.

8 Es möge mir gestattet sein, an dieser Stelle noch nachzutragen, was ich leider zu spät bemerkt habe, daß nämlich die von mir, Sitzungsber. 1907, S. 470, besprochene Jihvāmūlīya-Bezeichnung bereits von Hoernle für das Bower-Manuskript nachgewiesen ist, s. JASB. 62, 1893, S. 25, Note 17; auch die in diesem Duktus übliche, von mir a. a. O. S. 471 behandelte Virāma-Bezeichnung hat Hoernle bereits festgestellt, s. a. a. O. S. 39.

kaḥ śśete 45^a 4 für *kaś śete*. Bisweilen wird der Visarga irrtümlich statt des Pausa-Zeichens gesetzt, s. *kaḥ atraḥ* 46^a 2 und [*atra*]*ḥ bho atra* 47^b 4.

Der Upadhmānīya fehlt gänzlich: zu *ḫpa ity upadhmānīyaḥ* s. Kāt. 1. 1. 18 auf 6^b fehlt das betreffende Stück im Text wie im Kommentar, und im Kommentar zu *paphayor upadhmānīyaṃ na vā* s. Kāt. 1. 5. 5 ist er einfach ausgelassen s. 44^b 1 *kaḥ pacati* ⌒ *ka pacati*.

Die Auslassung von Zeichen ist übrigens mehrfach in diesem Manuskript zu konstatieren, und zwar handelt es sich dabei um absichtlich ausgelassene, wie der dafür freigelassene Raum beweist. Solche Lücken habe ich 12^a 2, 32^b 1, 37^a 4, 37^b 1 u. 4, 39^a 3 u. 46^b 1 notiert. Im ersten Fall 12^a 2 handelt es sich um das Zeichen *ḹ*, 37^a 4 u. ^{b} 1 um *ña*, 39^a 3 um *ñca*, 37^b 4 um *ñja*, 32^b 1 um *ñña*, während 46^b 1 eine größere Lücke im Original des Abschreibers vorgelegen zu haben scheint. Da es sich bei diesen 8 Fällen 1 mal um das eigentlich nie vorkommende *ḹ* handelt, 6 mal um den Buchstaben *ñ*, sei es selbständig, sei es als Anfang der Ligatur[1], und das *ñ* in dieser Verbindung sonst überhaupt nicht vorkommt[2], so ist wohl anzunehmen, daß der Schreiber diese Zeichen eben nicht zu schreiben verstand und sie vielleicht erst nachträglich einfügen wollte.

»Nach Pāṇ. 8. 4. 46 ff. wird ein auf *r* oder *h* folgender Konsonant (doch nicht ein Sibilant, dem ein Vokal folgt) und ein auf einen Vokal folgender erster Konsonant einer Gruppe verdoppelt«[3]; entsprechend finden wir in unserem Manuskript Konsonantenverdoppelung nach *r* in *sargga* 7^b 3, *dīrgghī* 11^a 3, *dīrggha* 53^a 4; *arttho*° 7^a 4, ^{b} 1, °*mohārttham* 9^a 4, °*rtthan* 30^a 1; *rayor mma*° 45^b 3; *tīryyaṅ* 34^b 1; °*yor llo*° 19^a 3; *pūrvva* 11^a 4, 18^a 4, 30^a 2, 35^b 4, 36^b 3, *sarvva*° 18^a 4 — daneben aber auch *varga*° 29^a 4, 31^b 2 u. 3, 39^b 1, 41^a 3; °*yor ji*° 43^b 1; *caturtho* 41^b 3; *tīryaṅ* 34^b 1; °*yor lo*° 20^b 1; *pūrva* 17^a 2, 53^a 4, *sarva* 17^a 2, während *visarjanīya*, s. 5^a 1, 45^b 4, 46^a 4, ^{b} 4, 48^b 4, 50^b 1, und *varṇa*, s. 4^a 1, 10^b 1, 11^b 2 usw., ständig ohne Verdoppelung geschrieben werden. — Für Verdoppelung nach *h* habe ich kein Beispiel gefunden; dagegen findet sich 6^a 1 und 43^a 4 *jihvāmūlīya*. — Beispiele für Verdoppelung des ersten Konsonanten einer Gruppe nach Vokal sind: *prakṛttyā* 24^b 1, *attra* 15^b 3, 16^a 2 usw., *tattra* 8^b 4; *upaddhmā*° 6^b 2, 44^a 2, *maddhye* 46^a 4; *loppya* 15^a 4, ^{b} 2, 21^b 4, 22^a 1 und wahrscheinlich auch 54^a 4, *tu ppra*° 20^a 4, *vargappra*° 29^a 4, 39^b 1, °*ti ppra*°

[1] Als Schluß der Ligatur findet es sich mehrfach in *saṃjñā* usw.

[2] 39^a 2 steht *bhavāg su*° für *bhavāñ sū*°; für *vyañjana* wird regelrecht *vyaṃjana*, für *pañcama paṃcama* geschrieben.

[3] Siehe Wackernagel, Altindische Grammatik 1 § 98 a.

48^a 2; *sarvva ssvareṣu* 18^a 4, [*anya*]*ssvare* 46^b 3, *eva ssvare* 47^a 4, *ca ssvare* 47^b 1, °*tra ssva*° 52^b 1 — daneben finden wir aber auch *atra* 9^b 2, 21^a 4, 25^a 4 usw.; *lopya* 18^b 1; *svare pratyaye pra*° 23^a 4, *svare pra*° 49^a 3, °*ṣu pra*° 25^b 4, 31^b 3; ständig ohne Verdoppelung erscheint *pratyaya*, s. 12^b 4 usw., und *anusvāra* s. 36^b 3, 37^a 1.

Eine weitere Eigentümlichkeit des Manuskripts ist die häufige Assimilation von auslautendem *m* mit folgendem anlautenden *n*, s. *varṇan ne*° 10^b 1, *varṇan na*° 11^b 2, °*ran na* 29^b 1, °*turtthan na* 30^a 1, °*līyan na* 43^a 4; aber umgekehrt findet sich auch Anusvāra für auslautendes *n*, s. °*kramayaṃ* 11^a 1, *tṛtīyāṃ* 27^a 4 und wahrscheinlich auch *bhavāṃn* 40^a 1. Die Vermischung beider Erscheinungen zeigt sich am deutlichsten in *tasmiṃnneva* 9^b 4[1].

Schließlich sei noch bemerkt, daß in diesem Manuskript die Zeichen für *t* u. *n* und *c* u. *v* deutlich voneinander geschieden sind; dagegen besteht zwischen anlautendem *u* und *ru* bzw. zwischen *ū* und *rū* kein Unterschied.

Ich erwähnte bereits, daß die erste deutlich erkennbare Regel dieses Fragments mit der Regel, die gleich Kāt. 1. 1. 16 ist, beginnt und mit der Regel, die Kāt. 1. 5. 17 gleicht, schließt, daß unser Buch also höchst wahrscheinlich das 1. Buch der Grammatik, das Sandhiprakaraṇa, umfaßt hat. Die Kapitelschlüsse stimmen ebenfalls mit dem Kātantra überein, s. 23^a 1 *samāptaḥ* für Kap. 2, 25^a 3 *samāpt*° für 3 und 41^b 3 *caturtho* für 4; ob auch eine Schlußbemerkung für 1 vorgelegen hat, läßt sich nicht feststellen, da gerade an dieser Stelle ein Blatt zu fehlen scheint, s. die Bemerkungen zu fol. 10 u. 11. Daß das Kapitel aber sicher wie im Kātantra mit der Regel *lokopacārād grahaṇasiddhiḥ* geschlossen hat, erweist das unter I behandelte Śāradā-Fragment. Auch die einzelnen Regeln stimmen größtenteils wörtlich zu denen des Kātantra, aber es liegen doch wieder einige Abweichungen vor, die erkennen lassen, daß wir hier eben doch nicht u n s e r Kātantra vor uns haben, sondern einen älteren Text[2]. Im 1. Kapitel sind die Regeln 21 u. 22 umgestellt, s. oben S. 183 unter I; im 2. Kapitel erscheint die Regel 16 in *ayādīnāṃ yavalopaḥ padānte na vā* und *lope tu prakṛtiḥ* geteilt, s. fol. 19 u. 20. Ob hinter 1. 2. 17 u. 18 noch eine Regel gestanden hat, die dem Kātantra fehlt, läßt sich bei dem lückenhaften Manuskript nicht ausmachen, s. fol. 21^b u. 22^a und die Bemerkungen zur betreffenden Stelle. Im 4. Kapitel finden sich zwischen 7 u. 8 zwei unserem Kātantra fehlende Regeln, die den Einschub von

[1] Siehe auch *bhavāṃn* 36^a 3 u. 4, 37^a 4, 38^b 2 u. 3.

[2] Der Ansicht von Finot (Bulletin de l'École Française d'Extrême-Orient T. 7, 1907, S. 145), daß es ein Textus amplior des Kātantra sei, kann ich mich nicht anschließen.

k und *ṭ* nach *ṅ* und *ṇ* vor Zischlauten und von *t* nach *ṭ* und *n* vor *s* behandeln, s. fol. 34ª—35ª und vgl. Pāṇ. 8. 3. 28—30. Im 5. Kapitel hat die Regel 8 (Kāt. *aghoṣavatoś ca*) wohl *akāraghoṣavatoś ca* gelautet, s. 46ª 3, eine Fassung, die trotz des ausführlicheren *kāra* besser ist als die des Kātantra, weil damit ein Irrtum ausgeschlossen ist. Zwischen 10 u. 11 findet sich wieder eine Regel, die dem Kātantra fehlt, von Durga aber künstlich hineininterpretiert wird, sie betrifft den Sandhi von *bhago(ḥ)* und *agho(ḥ)*, s. fol. 49 u. 48 und vgl. Pāṇ. 8. 3. 17. Schließlich scheint die Regel Kāt. 1. 5. 13 unserem Text gefehlt zu haben, doch ist das nicht ganz sicher, s. die Bemerkungen zu 48ᵇ 2 ff.

Unser ganz besonderes Interesse verdient der Kommentar. Die Tatsache, daß hier schon in so früher Zeit die Sūtren mit einem Kommentar verbunden sind, legt die Vermutung nahe, daß der Verfasser der Grammatik selbst den Kommentar dazu geschrieben hat, wie ja auch Candra selbst eine Vṛtti zu seinem Vyākaraṇa verfaßt hat[1]. Dagegen spricht nicht, daß 9ª 1 f. unter *vakṣyati hi* »er wird nämlich lehren« eine Regel aufgeführt wird, die gleich Kāt. 2. 3. 1 ist, denn auch sonst sprechen Autoren, die selbst einen Kommentar zu einem eigenen Werke verfaßt haben, von sich in der 3. Person, wie Vāmana in der Kāvyālaṃkāravṛtti und Viśvanātha im Sāhityadarpaṇa. Bei dem unmittelbar vorher, s. 8ᵇ 4, stehenden *nas tattraitatpratye*, was doch wohl nur als *vakṣyāmas tatraitat pratyetavyam* ergänzt werden kann, ist leider das zugehörige Zitat weggerissen, so daß sich nicht kontrollieren läßt, ob der Kommentar an jener Stelle ein Sūtra oder eine Stelle des Kommentars zitiert hat. Auch 9ᵇ 2 *traivodāh* bleibt zweifelhaft, ob *tatraivodāharati* oder *udāharāmaḥ* oder *udāharaṇam* zu ergänzen ist. Alle weiteren Hinweise auf den Verfasser fehlen. Kann die Frage über den Verfasser also einstweilen nicht sicher entschieden werden, so erscheint mir doch so viel sicher, daß der Kommentar so gut wie die Grammatik aus Indien nach Zentralasien herübergekommen ist, denn Durga bzw. sein Vorgänger muß diesen Kommentar noch gekannt haben, sonst wäre meines Erachtens die große Übereinstimmung, die zwischen diesem Kommentar und dem Durgas zum Kātantra besteht, nicht zu erklären. Sie zeigt sich besonders bei den Beispielen so auffallend, daß man sie nicht einfach damit motivieren kann, daß es sich um die bekannten feststehenden Schulbeispiele handle: aber auch sonst finden sich mehrfach Redewendungen, die sich merkwürdig mit den Bemerkungen an den betreffenden Stellen bei Durga decken.

[1] Siehe Liebich, Cāndra-Vyākaraṇa S. VIII.

Der Kommentar ist im wesentlichen einfach und durchsichtig; im eigentlichen Sandhiprakaraṇa, d. h. von Kap. 2 ab, wird er ganz schematisch und formelhaft. Zur Einleitung des Sūtra werden dort regelrecht die in Betracht kommenden Beispiele ohne Sandhi voraufgestellt, dann folgt das Sūtra, dann eine ganz einfache Paraphrase, die zumeist mit der Bemerkung *vyaṃ* (doch wohl = *vyākhyānam*) ◠ *tad bhavati* abgeschlossen wird, s. 13^a 1, (b 1 u. 4), 15^a 1, 16^b 1, (17^b 3), 19^a 4, (20^b 2, 21^a 4, 22^a 3), 33^a 2, 35^a 3, (36^a 2), 37^b 3, (38^b 1), 40^a 4, 43^b 2, 45^a 3, 47^a 1, (48^a 3); nur zweimal findet sich *vyaṃ tad bha*°, nämlich 18^a 2 u. 39^b 3 (an letzter Stelle aber durch das Schnürloch getrennt), und einmal, 31^b 4, steht *vyaṃ*◠ allein. Dann folgen die Beispiele nochmals der Reihe nach, und zwar erst in Pausa-Form, dann in Sandhi. Gegenbeispiele fehlen merkwürdigerweise gänzlich. Dann und wann wird eine in Betracht kommende Regel zitiert, nur selten finden sich eingehendere Erörterungen, die übrigens infolge der Lückenhaftigkeit unseres Manuskriptes meist unverständlich bleiben.

Ich gebe nunmehr den Text, und zwar der größeren Anschaulichkeit wegen möglichst genau in der Form des Originals; weggerissene oder nicht mehr erkennbare Zeichen werden durch einen Punkt, vom Schreiber absichtlich offengelassene Stellen (s. S. 187) durch ein Kreuz (†) markiert, die Pausa, dem Manuskript entsprechend, entweder durch ein Häkchen (◠) oder durch Doppelstrich (‖). Wo es für das Verständnis nötig schien, habe ich auch den Virāma durch einen Schrägstrich unten am betreffenden Buchstaben kenntlich gemacht.

T III, Šōrčuq.

1^a 4 *tye*
1^b 1 *jñ-kha*
2^a 4 *r- ekāśamo nu* (?)
2^b 1 *kak-*
3^a 1 *danam ta*
3^b 4 *tram pa*
4^a 1 *vāḥ khalu varṇ-*
2 *jñāyā*
4^b 2 *jajñ-*
3 *ṇyanu* (?)
4 *ḥ* ◠ *yāv etāv ak-*
5^a 1 *rjānīya ity e*
2 *aḥ iti*
5^b 3 *ty- tavya*
4 *līyasaṃjñāyā*
6^a 1 *r jihvāmūlīya*
2 *lī yaḥ* ◠
3 *tir va*
4 *.jnā pratyeta*
6^b 1 *nīyasaṃjñāyā*
2 *upaddhmā*
3 *ty anusvā*
4 *ṣtād bindus tasyā*
7^a 1 *vyas tad yathā* ◠ *aṃ*
2 *prayo*
3 *janam i*
4 *rayor artthopala-au*
7^b 1 *rtthopalabdhau pa*
2 *tavyam*
3 *sa rggajaṃ nai*
4 *nāma vṛkso gni*

8a 1 *akhyātajaṃ puna*
2 *pacyate*
3 *di ⌒ aupa*
4 *ṇi ⌒ nir ud duḥ saṃ vy avā*
8b 1 *ty-vamādi ⌒ naipataj-*
2 *utāho*
3 *i tyevam-*
4 *mas tattraitat pratye*
9a 1 *ne vakṣyati hi ⌒*
2 *ṣa ṣṭīvatu*
3 *di ¦ ana*
4 *d asa[ṃ]mohārttham apū*
9b 1 *k-matāṃ viśleṣaṇaṃ*
2 *traivodāh-*
3 *m adha stād vyaṃja*
4 *tvā tasmiṃneva*
10a 1 *d vyaṃjanam tad yath-*
2 *ka m͜ pitṛ*
3 *¦ vyaṃjana*
4 *nayet vyaṃjan- khal-*
10b 1 *tatparaṃ varṇan neta*
2 *darutṛ*
3 *pa cārād gr-*
4 *sya khalūpacārā*
11a 1 *natikramayaṃ viśle*
2 *sva ram adha*
3 *dīrgghībh-*
4 *mānaḥ khalu pūrvvaḥ ⌒*
11b 1 *t- paraś ca lopam āpa*
2 *varṇan na*
3 *da ṇḍāgra-͜*
4 *saddhau ¦ dadhi id-*
12a 1 *madhūdakam͜ pitṛ*
2 *kā raḥ ⌒ † k-*
3 *yogaṃ sa*
4 *e ⌒ avarṇaḥ khal-*
12b 1 *ekāram āpadya .*
2 *⌒ ta . i*
3 *ka m͜ uva*
4 *uvarṇe pratyaye*
13a 1 *-opam͜ vyaṃ ⌒ tad bhava*
2 *m tava*
3 *ra ḥ khalu pa*
4 *ar͜ bhavati para . lo*
13b 1 *vati ⌒ tava ṛṣa . ta*
2 *varṇe al*
3 *va rṇe pratya*
4 *lopam āpadyate ⌒ v-aṃ*
14a 1 *valkāraḥ ¦ tava e*
2 *ai aikāre*
3 *re pratyaye*
4 *dyate paraś ca lopam*
14b 1 *tavaiṣa ⌒ sā aitikā*
2 *odanam*
3 *au aukāre*
4 *kāre pratyaye au*
15a 1 *raś ca lopam vyaṃ ⌒*
2 *vau danam*
3 *¦ dadhī a*
4 *rṇe na ca paro lopp-*
15b 1 *asavarṇe pratyaye*
2 *ro loppya*
3 *ttra dadhy attra ¦*
4 *uvarṇaḥ khalu pū*
16a 1 *m āpadyate na ca pa*
2 *madhū attra ⌒ ma*
3 *rṇa ḥ ⌒ rva*
4 *pratyaye rakāram ā*
16b 1 *vyaṃ ⌒ tad bhavati ⌒ pitṛ*
2 *lam ḷva*
3 *r[ṇ]aḥ asava*
4 *padyate na ca paro l-*
17a 1 *ḥ klamaḥ ¦ ne ana*
2 *pū rvaḥ sarva*
3 *vati na*
4 *vati ⌒ ne anam͜ nay-*
17b 1 *aikāraḥ khalu pū*
2 *āy bha*
3 *⌒ tad bhavati*
4 *. anaḥ ⌒ o av*
18a 1 *r-ṣu pratyayeṣu*
2 *⌒ vyaṃ tad bha*
3 *akaḥ ⌒*
4 *pūrvvaḥ sarvvassvareṣ-*

18b 1 *na ca paro lopyaḥ*
2 *kaḥ || te*
3 *ā sanam*
4 *⌒ tau imi ⌒ tau*
19a 1 *av˴ au āv˴ ay-*
2 *na vā ⌒ ay-*
3 *yor llopo*
4 *yā ⌒ vyaṃ ⌒ tad bhavati*
19b 1 *-ā tayāhuḥ ⌒ tasmai*
2 *m ⌒ yadivā*
3 *. ⌒ paṭa utti*
4 *ḥ ⌒ tau imau ⌒ tā*
20a 1 *āhuḥ ⌒ tasmai ā*
2 *i mau ⌒ e a*
3 *. v˴ ayā*
4 *tu pprakṛtiḥ ⌒ a*
20b 1 *kārayo[r] lope kṛ*
2 *d bhavati*
3 *ā sanam*
4 *ṣ[th]aḥ ⌒ paṭa uttiṣ[th]a*
21a 1 *⌒ paṭo atra ⌒ e*
2 *ḥ ⌒ ekāra*
3 *r- akāro*
4 *vati ⌒ te atra ⌒ te tra*
21b 1 *ṛbudaḥ ⌒ marā ṛ*
2 *ṛṇe na ca pa*
3 *varṇa ḥ ⌒ svara*
4 *loppyo vyaṃjane*
22a 1 *nādistho loppy-*
2 *. ⌒ rore l-*
3 *vati ⌒ na*
4 *rūṛrutaḥ ⌒ mā ru*
22b 1 *. m˴ na vyaṃjane svar-*
2 *jane pra*
3 *⌒ tad yath-*
4 *nadhighaṭa .˴ .*
23a 1 *samāptaḥ ⌒*
2 *sva r- prak-*
3 *pātā*
4 *svare pratyaye prakṛ*
23b 1 *iha ⌒ haṃgho ā*
2 *ā gacchā-i*
3 *i ha ⌒ a*
4 *vadh-asa ⌒ ā i*
24a 1 *dv-vacanaṃ khalv-*
2 *-ā bhava*
3 *imau*
4 *m amī ⌒ bahuvaca*
24b 1 *tyaye prakṛttyā bha*
2 *⌒ amī*
3 *nupa diṣṭā*
4 *nopadiṣṭrās te*
25a 1 *ke ca te plutā*
2 *[ccha] ⌒ aśvabh- ⌒ t-*
3 *samāpt-*
4 *⌒ ṣaṭ˴ atra ⌒ ṣaṭ˴*
25b 1 *dati tṛṣṭup˴ atra*
2 *māḥ pa*
3 *tī yān˴ cavi*
4 *-āḥ svareṣu pratya*
26a 1 *n āpadyante ⌒ c-*
2 *. tad bhavati ⌒ .*
3 *k˴ gada*
4 *ṣa . tra ⌒ ṣaṭ˴ gad-*
26b 1 *tad attra ⌒ tat˴ gada*
2 *ṣṭub atra*
3 *dati || vāk˴ may-*
4 *yam˴ ṣaṭ˴ maya*
27a 1 *ṣṭup˴ mayam˴ tṛṣṭu*
2 *s tṛ tīyā*
3 *ntāḥ paṃcame*
4 *n āpadyaṃte tṛtīyaṃ*
27b 1 *yam˴ vāṅmayam˴*
2 *m˴ ṣaṇmayam˴*
3 *t˴ ma yam˴*
4 *t-ṣṭ-p˴ mayam˴ tṛ*
28a 1 *śuraḥ vākchūraḥ ⌒*
2 *-yāma ḥ ⌒ ṣaṭ chyā*
3 *ta m˴ tac chve*
4 *ṣṭup˴ śrūyati ⌒*
28b 1 *ṣṭ . p śrūyati ⌒ vā*
2 *t hasati*
3 *sati ⌒ tat˴ h-*
4 *ṣṭ-p˴ hasati ⌒ te*

29a 1 ṣṭupmayam_ ‖ vāk_
2 ◠ ṣaṭ_ śyāmā
3 m_ trṣṭup_ śru
4 ◠ vargapprathamebhyaḥ ṣa
29b 1 raparaś cchakāran na vā ◠ va
2 ra śakāraḥ svara
3 kā raparaḥ rakā
4 -yate vibhāṣayā ◠
30a 1 turtthan na vā ◠ tebhya
2 . pa ro hakāraḥ pūrvva
3 vi bhāṣayā ◠
4 svaraghoṣavatsu trtī
30b 1 k_ hasati vāg ghasati
2 ṭ_ hasati ◠
3 ṣaḍ ha sati ◠ tat_ hasa
4 vā tad hasati ◠ tr
31a 1 yadi vā trṣṭub ha
2 ca raṇam_ tat_ cha
3 m tat_ jhaṣaṇam_
4 nam_ tat_ ṭha
31b 1 kanam_ tat_ ṇa
2 vargeṣu ◠ takāraḥ
3 ca ṭavargeṣu pratyaye
4 -yate ◠ vyaṃ ◠ aghoṣe
32a 1 d bhavati ◠ tat_ lavaṇa
2 ra ṇam_ tac caraṇa
3 ta c charaṇam_ tat_
4 nam_ tat_ jhaṣaṇam_
32b 1 ta † tva ◠ tat_ ṭāsanam_
2 nam_ taṭ ṭhadanam_
3 taḍ ḍa yanam_ tat_ ḍhau
4 nam_ tat_ ṇatva ◠ ta
33a 1 kāraḥ khalu padā .
2 kā ram āpadyati ◠ vyaṃ ◠
3 ṇam_ tac śaraṇa
4 sagaṇ_ attra ◠ rājan_
33b 1 dhāḥ svare dviḥ ◠ ṅaṇanā kha
2 dhā ḥ svare pratyaye dvi
3 vati tīryaṅ_ atra ◠ tīrya
4 sugaṇṇ atra ◠ rāja
34a 1 ś-t- ◠ sugaṇ_ ṣa-ḍ-
2 -au kaṭābhyāṃ śaṣase
3 -au khalu padāntau
4 kaṭābhyāṃ vyapadhīyaite
34b 1 ◠ tīryaṅ śete ◠ tīryyaṅ-
2 -u gaṇṭ ṣaṇḍe ◠ tī-y-
3 -sa rasi ¦ ṣaṭ_ saha
4 srāṇi ◠ bhavān_ s-
35a 1 takāreṇa vā ◠ ṭanau
2 tya ye takāreṇa vā
3 yā ◠ vyaṃ ◠ tad bhava
4 ◠ ṣaṭt sahasrāṇi ◠ ya
35b 1 bhavān_ sādhu ◠ bhavāt s-
2 bhavān_ cara
3 ◠ no ntaś cachayoḥ
4 pūrvvaṃ nakāraḥ kha
36a 1 yoḥ śakāram āpadya
2 ta d bhavati ◠ bhavā
3 ti ◠ bhavāmn_ chat[t]re
4 ṇa ◠ ¦ bhavāmn_ ṭāsaya
36b 1 ṭhayoḥ ṣakāram_ nak-
2 yoḥ parayoḥ
3 nusvārapūrvvam_
4 n_ ṭāsayati ◠ bhavā-ṣ-ā
37a 1 dyate anusvārapū
2 lavaṇena ◠ bhav-
3 vā n_ jayati ◠ bha
4 vān_ † tva ◠ bhavāṃn_
37b 1 ṣu † kāram_ ◠ nakāraḥ
2 kāreṣu pratya
3 dya te ◠ vyaṃ ◠ tad bhavat-
4 bhavā † yati ◠ bha
38a 1 ṇa ◠ bhavāṃṣ ṭhakār-
2 vā n_ ṭhakāreṇa ◠
3 na kāraḥ khalu pa
4 yoḥ sakāram āpadya-e
38b 1 tad bhavati ◠ bhavān_ t-
2 vāṃ n_ thakāreṇa
3 bha vāmn_ lavaṇe
4 khalu padāntaḥ l-
39a 1 ṇa ◠ bhava
2 ◠ bhavāg śuraḥ ¦
3 vā n_ śūraḥ ◠ śi †
4 lu padāntaḥ śakāre pra

39^{b} 1 *-āṣayā ⌒ vargappratham-*
2 *sva rayavarapara*
3 *-yaṃ tad bhavati ⌒ bha*
4 *raḥ ⌒ yadi*
40^{a} 1 *bhavā- ḍhaukyati*
2 *pa ras tu ṇakār-*
3 *pa dāntaḥ ḍaḍhaṇ-*
4 *kāram āpadyate- vyaṃ*
40^{b} 1 *ti ⌒ bhavāṇ ḍeyati ⌒*
2 *ṇ ḍhaukyati ⌒*
3 *-ā ṇ ṇatva ⌒ ‖ ta-˛*
4 *raṃ vyaṃjane ⌒ ma*
41^{a} 1 *pratyaye anu*
2 *m˛ śuram˛ taṃ śu*
3 *ta m˛ karati varge*
4 *makāraḥ khalu padā*
41^{b} 1 *paṃcamāpadyate vibhā*
2 *ta m˛ karoti ⌒ taṅ-*
3 *ka roti | caturtho*
4 *‖ kaḥ carati*
42^{a} 1 *ch- vā śam˛ visa*
2 *re śakāram āpadya*
3 *raṃ varṇaṃ nayet˛*
4 *kaś carati ⌒ kaḥ chat-e*
42^{b} 1 *yati ⌒ kaḥ ṣṭāsaya*
2 *kāreṇa ⌒ ‖ ka*
3 *ṇa ⌒ te the vā sam˛*
4 *vā the vā pari sa*
43^{a} 1 *kaḥ tarati ⌒ ka*
2 *kāreṇa ⌒ ‖ ka*
3 *kaḥ khanati ⌒ k-*
4 *r jihvāmūlīyan na vā*
43^{b} 1 *khayoḥ parayor jihvvā-ū*
2 *ṣa yā ⌒ vyaṃ ⌒ tad bha*
3 *roti ⌒ yadivā*
4 *ti ⌒ kaḥ khanati ⌒ ya*
44^{a} 1 *kaḥ pacati ⌒*
2 *phayor ūpaddhm-*
3 *yaḥ khalu paph-*
4 *d-ānīyam āpadyate vi*
44^{b} 1 *kaḥ pacati ⌒ ka paca*
2 *kaḥ phalati ⌒ k-*
3 *ḥ phalati ‖ k-*
4 *⌒ kaḥ ṣaṇḍe*
45^{a} 1 *vā pararūpam˛*
2 *ṣū pratyayeṣu*
3 *bhāṣayā ⌒ vyaṃ*
4 *kaḥ śśete ⌒ yadivā ka*
45^{b} 1 *⌒ yadivā kaḥ ṣaṇḍe*
2 *yadivā kaḥ sa*
3 *kārayor mma*
4 *rjanīyaḥ a*
46^{a} 1 *d-tparaḥ*
2 *⌒ kaḥ atraḥ ko*
3 *raghoṣavatoś-*
4 *tośca maddhye visarjanī*
46^{b} 1 *rṇa † ⌒ tad bhavati ⌒ ka*
2 *ḥ iha kaḥ .*
3 *ssvare yaṃ vā ⌒*
4 *rjanījaḥ a*
47^{a} 1 *vā ⌒ vyaṃ ⌒ tad bha*
2 *yadi vā kay i*
3 *tra ⌒ bhoḥ atra*
4 *vam eva ssvare ⌒ ākār-*
47^{b} 1 *ḥ bhoparaś ca ssvare pra*
2 *lo pam apadyate y-*
3 *tra ⌒ kā atra ⌒*
4 *ḥ bho atra ⌒ ya-i v-*
48^{a} 1 *bh-bhyām bhag- a*
2 *ghoṣavati ppra*
3 *⌒ tad bhavati ⌒ k-*
4 *ti ⌒ bho gaccha ⌒ bho ga*
48^{b} 1 *ghaṭasva ⌒ aghoḥ v-j-*
2 *⌒ ‖ agni dahat-*
3 *ro raṃ ghoṣava*
4 *l- visarjanī . ḥ*
49^{a} 1 *ḥ atra ⌒*
2 *bhyāṃ ca . bha*
3 *nīyaḥ svare pra*
4 *lopam āpadyate*
49^{b} 1 *⌒ bhago atra ⌒ .*
2 *tra . agho at-*
3 *kāḥ gacchaṃti*
4 *⌒ aghoḥ*

Fol.	Z.	
50^a	4	*k-tir anāmi*
50^b	1	*visarjanīya*
51^a	1	*ṣasapar-*
	2	*ś ca visarja*
	3	*padyate*
	4	*ti ⌢ sa gacchati*
51^b	1	*vā ⌢ na visa-ja*
	2	*visa-ja*
	3	*ti ⌢ tad bha*
	4	*ḥ rathe*
52^a	3	*agni*
	4	*y- ¦ prā*
52^b	1	*tra ssva*
	2	*vati*
53^a	4	*pūrvo dīrggha*
53^b	1	*agn- rathe ⌢*
	2	*yā ⌢ -i*
54^a	4	*ppyaha . ‖ .*
54^b	1	*. nipā . . cā .*
	2	*-iṃ*
55^a	4	*naḥ svaḥ prātaḥ*
55^b	1	*yasaṃjñ- ḥ pra*
56^a		*ti .*
56^b		*d bha*
57^a		*tra ⌢ pra*
57^b		*ram āpa*
58^a		*pa upa*
58^b		*jñ-*
59^a		*ga*
59^b		*yā*

Die Reste von 1—3 sind so dürftig, daß ich sie nicht einzuordnen vermag, auch bei 4 bin ich nicht sicher, 4^a 1 dürfte eventuell zur Paraphrase von 1. 1. 14 (*antaḥsthā yaralavāḥ*) gehören, so daß also *yaralavāḥ khalu varṇāḥ* zu ergänzen wäre, dann müßte natürlich 4^a 2 zur Einleitung von 1. 1. 15 gerechnet werden. Ist das richtig, dann muß aber das Blatt umgedreht werden, und der Inhalt von 4^b gehört zu 1. 1. 13 (*anunāsikā ṅañaṇanamāḥ*). Auf sicherem Boden stehen wir erst von fol. 5 ab. 5^a 1 gehört zur einleitenden Bemerkung des Kommentars zu 1. 1. 16, Z. 2 gibt das Sūtra: *aḥ iti* [*visarjanīyaḥ*]; 5^b 3 dürfte den Schluß der Erklärung von 1. 1. 16 bilden, während 5^b 4 und 6^a 1 zur Einleitung von 1. 1. 17 gehören. 6^a 2 ist der Schluß des Sūtra erhalten: [*ḥka iti jihvāmū*]*līyaḥ*. Eine Paraphrase wird hier wie bei den beiden folgenden nicht mehr gegeben, da sie schon bei 1. 1. 16 erledigt ist. Das *r* vor *jihvāmūlīya* 6^a 1 dürfte als *vajrākṛtir* zu ergänzen sein, s. Durga zu Kāt. 1. 1. 17, und entsprechend wird 6^a 3, das zur Einleitung von 1. 1. 18 gehören muß, [*gajakumbhākṛ*]*tir var*[*ṇaḥ*] gelautet haben, s. D. zu 1. 1. 18 und vgl. 6^b 4 [*upari*]*ṣṭād bindus* mit D. zu 1. 1. 19 *bindumātro varṇaḥ*. — Auf 6^b 2 hat wohl die Regel 1. 1. 18 gestanden: [*ḥpa iti*][1] *upadhmā*[*nīyaḥ*]. 6^b 3—7^a 1 bilden die Einführung zu 1. 1. 19, mit *aṃ* beginnt die Regel selbst: *aṃ* [*ity anusvāraḥ*].

7^a 2—3 dürften zur Einleitung von 1. 1. 20 gehören, aber die Reste sind so dürftig, daß sich Bestimmtes darüber nicht behaupten läßt. 7^a 4 gibt das Sūtra 1. 1. 20 [*pūrvapa*]*rayor arthopalabdhau* [*padam*],

[1] Allerdings ohne Sandhi.

7^b 1 u. 2 enthalten die Paraphrase, während 7^b 3—9^a 3 eine sachliche Erörterung zu dieser wichtigen Regel enthalten. Der Kommentar erörtert offenbar die 4 Arten der Worte, der alten Klassifizierung entsprechend (s. Ṛk-Prāt. 12. 5, Vāj.-Prāt. 5. 46, Nirukta 1. 1, Bṛh.-Dev. I. 39, Pat. Einl. z. Mbhāṣ. I, 3, 17 K[1].). Der Wortbegriff ist entweder *nāmajam* (so ergänze ich, dem *ākhyātajam* usw. entsprechend) nominal — Beispiele für *nāman* sind *vṛkṣo'gniḥ*[2] — oder *ākhyātaja* (s. 5^a 1), verbal — von Beispielen ist nur *pacyate* erhalten, daß aber mehr Verba dagestanden haben, erweist 8^a 3, wo zweifellos [*ityevamā*]*di* zu ergänzen ist — oder er stammt von einer Präposition, *upasargaja*[3] — Beispiele *nir, ud, duḥ, sam, vi, ava, ā* usw. s. 8^a 4—^{b} 1 — oder schließlich von einer Partikel, *nipātaja* — von den Beispielen sind nur *uta* und *aho* erhalten, s. 8^b 1—3. Zu 8^b 4 u. 9^a 1 s. oben S. 189, die 9^a 2 zitierte Regel ist = Kāt. 2. 3. 1 [*yuṣmadasmadoḥ padaṃ padāt ṣa*]*sṭhīcatu*[*rthīdvitīyāsu vasnasāv ityā*]*di*.

Die große Pausa 9^a 3 zeigt den Schluß von 1. 1. 20 an, mit *ana* beginnt die Regel *anatikramayan viśleṣayet* = Kāt. 1. 1. 22 (! s. oben S. 183), das *d* 9^a 4 bildet ihren Schluß. Zu *asaṃmohārtham apū* vgl. D. zu 1. 1. 22 *asaṃmohārtho 'yaṃ yogaḥ*. Die Erklärung reicht bis 10^a 3, wie die Pausa-Striche erweisen; über den Inhalt läßt sich aber wegen der Lückenhaftigkeit des Textes Bestimmtes nicht sagen. 10^a 3 u. 4 haben wir die Regel 1. 1. 21 *vyañjana*[*m asvaraṃ paraṃ varṇaṃ*] *nayet*, das Folgende gibt die Paraphrase; aber der Kommentar ist ganz aus der Konstruktion gefallen, denn der Schluß kann doch kaum anders als *netavyaṃ* ergänzt werden. Die folgende Zeile verstehe ich nicht, 10^b 3 enthält die Regel 1. 1. 23 [*loko*]*pacārād gr*[*ahaṇasiddhiḥ*]; 10^b 4 beginnt deren Paraphrase [*loka*]*sya khalūpacārā*[*t*], nach dem Platz, der zur Verfügung steht, kann dieselbe aber unmöglich schon auf 10^b zu Ende geführt sein, sondern müßte noch auf das folgende Blatt hinüberreichen. Dort wären auch sachliche Ausführungen und Beispiele für die Regel zu erwarten sowie eine Angabe über den Kapitelschluß, da das 1. Kapitel mit dieser Regel schließt (s. oben S. 188). Das uns vorliegende folgende Blatt steht aber offenbar schon bei der Einleitung von 1. 2. 1; 11^a 1 wird die Regel [*a*]*natikramayan viśle*[*ṣayet*] = Kāt. 1. 1. 22 zitiert[4], und 11^a 3 bringt schon das Sūtra 1. 2. 1 [*samānaḥ savarṇe*] *dīrghībh*[*avati paraś ca lopam*],

[1] Vgl. Burnell, On the Aindra School of Sanskrit Grammarians 1875, S. 12.

[2] Mit Absicht scheint hier ein Fall gewählt zu sein, wo nach den Sandhi-Regeln Schwund des anlautenden Vokals eintreten muß, s. Durgas *te'tra, yajante'tra*.

[3] Der Text hat hier auffallenderweise *aupa*[*sargajam*] s. 8^a 3 und entsprechend 8^a 1 *naipātaj*[*am*].

[4] Zu 11^a 2 *svaram adha* vgl. 9^b 3.

wie die folgende Paraphrase beweist. Es scheint mir daher ganz zweifellos, daß zwischen 10 u. 11 ein Blatt verloren gegangen ist. Dieser Verlust — es kann sich eventuell auch um eine Verlegung der Blätter gehandelt haben — muß dann aber schon vor der Vereinigung der Blätter durch das Schnürband liegen, da das Schnürloch bei 10 u. 11 unversehrt ist. Mit 11^b 1 [*bhava*]*t*[*i*] *paraś ca lopam āpa*[*dyate*] schließt die Paraphrase von 1. 2. 1, in der folgenden Zeile dürfte die Regel 1. 1. 21 [*vyañjanam asvaram paraṃ*] *varṇaṃ na*[*yet*] zitiert sein. *daṇḍāgram* (l. [*daṇḍa agram*] *daṇḍāgram*) 11^b 3 wird auch bei Durga als Beispiel für *a* gegeben, desgl. *dadhūdam* und *madhūdakam* (s. 11^b 4 u. 12^a 1) für *i* und *u*, ob aber in unserem Text auch ein Beispiel für *ā* gestanden hat (bei D. *sāgatā*), bezweifle ich, da auch die Beispiele für *ī* und *ū* (D. *nadīhate* und *vadhūḍham*) fehlen. Was in Wirklichkeit hinter *daṇḍāgram* gestanden haben mag, weiß ich nicht zu sagen, *saddhau* 11^b 4 verstehe ich nicht. Zu *pitṛ* 12^a1[1] ergänze ich nach D. *ṛṣabhaḥ*; das Beispiel für *ṝ* (D. *kṝkāraḥ*) dürfte wiederum fehlen, ich vermute, daß 12^a 2 so zu ergänzen ist [*kḷ ḷ*]*kāraḥ*‿[*kḹ*]*k*[*āraḥ*] (s. auch D. in den Hdss. B. C. E.); *kḹ* ist von dem Schreiber absichtlich weggelassen, s. oben S. 187. Wie 12^a 3 zu ergänzen ist, vermag ich nicht zu sagen. Das *e* 12^a 4 bildet den Schluß von 1. 2. 2 [*avarṇa ivarṇe*] *e*, das Folgende gibt die Paraphrase, das Beispiel 12^b 2 ergänze ich nach D. *ta*[*va*] *i*[*ha taveha*]. Dahinter dürfte wahrscheinlich das Beispiel für die Z. 3 folgende Regel 1. 2. 3 *uva*-[*rṇe o*], d. h. wohl [*tava uda*]*kam*, bei D. *tavohanam* und *gaṅgodakam*, gestanden haben, denn von jetzt ab werden ständig die in Betracht kommenden Beispiele ohne Sandhi als Einleitung voraufgestellt, und der Kommentar wird so schematisch (s. S. 190), daß ich mich fortan kürzer fassen kann. Mit [*paraś ca l*]*opam* 13^a 1 schließt die Paraphrase, zu *vyaṃ*‿*tad bhava*[*ti*] s. S. 190, die Lücke enthielt das Beispiel [*tava udakam tavodaka*]*m*.

13^a 2 ff. Beispiel für 1. 2. 4 ist *tava ṛṣabhaḥ*, s. 13^a 2 u. b 1 (bei D. *tavarkāraḥ*), das Sūtra *ṛvarṇe ar* hat in der Lücke zwischen 13^a 2 u. 3 gestanden.

13^b 2 [*ḷ*]*varṇe al* = 1. 2. 5, Beispiel *tavalkāraḥ* wie bei D.

14^a 1 ff. Die Beispiele für 1. 2. 6 [*ekāre*] *ai aikāre* [*ca*], s. 14^a 2, sind *tava eṣa* und *sā aitikāya*[*nī*?], s. 14^b 1, bei D. *tavaiṣā* und *saindrī*.

14^b 2 ff. Für 1. 2. 7 [*okāre*] *au aukāre* [*ca*], s. 14^b 3, gibt D. die Beispiele *tavaudanam* und *saupagavī*; das 1. hat in unserem Text auch gestanden, wie das 2. lautete, läßt sich nicht feststellen.

[1] Zu *madhūdakam pitṛ* vgl. 10^a 2, vielleicht ist dort diese Stelle zitiert.

15^a 3 Natürlich ist *dadh a*[*tra*] zu lesen (wie 16^a 2 *madhu attra*), Z. 4 ist der Schluß von 1. 2. 8 [*ivarṇo yam asava*]*rṇe na ca paro lop*[*yaḥ*] erhalten. D.s Beispiele sind *dadhy atra* und *nady eṣā*.

15^b 3 Hinter den Pausa-Strichen muß *madhu atra* und *vam uvarṇaḥ* = 1. 2. 9 gestanden haben, D. *madhv atra* und *vadhvāsanam*.

16^a 3 Der Schluß von 1. 2. 10 [*ram ṛva*]*rṇaḥ*, das Beispiel wird *pitṛ arthaḥ* sein, D. *pitrarthaḥ* und *krarthaḥ*.

16^b 2 Der Anfang von 1. 2. 11 *lam ḷva*[*rṇaḥ*], als Beispiel wird hier wunderbarerweise *klamaḥ* gegeben, s. 17^a 1, das der Kommentator demnach von einer Wurzel *kḷ* + Suff. *ama* abzuleiten scheint, D. hat *lanubandhaḥ* und *lākṛtiḥ*.

17^a 1 Für *e ay* = 1. 2. 12, das hinter *ne ana*[*m*][1] zu ergänzen ist, gibt D. *nayati* neben *agnaye*; für *ai āy* = 1. 2. 13, das 17^b 1 gestanden haben muß, *nāyakaḥ* neben *rāy aindrī*, *nai akaḥ nāyakaḥ* dürften wir also wahrscheinlich hinter 17^b 3 [*vyaṃ*] ◠ *tad bhavati* zu ergänzen haben.

Für *o av* = 1. 2. 14, s. 17^b 4, hat D. die Beispiele *lavaṇam* und *paṭav otuḥ*; hier scheint *pavanaḥ* gestanden zu haben, denn vor *anaḥ* 17^b 4 ist noch ein Stückchen des voraufgehenden Akṣara erhalten, das auf ein *p* schließen läßt. Genau das gleiche ist vor *akaḥ* 18^a 3 der Fall, so daß wir für die unmittelbar dahinter zu ergänzende Regel *au āv* = 1. 2. 15 *pāvakaḥ* als Beispiel anzusetzen haben; D. gibt hier *gāvau* und *gāvaḥ*. Für 1. 2. 16^a (die Regel Kāt. 1. 2. 16 wird hier, wie wir oben sahen, in 2 Regeln geteilt) *ay*[*ādīnāṃ yavalopaḥ padānte*] *na vā*, s. 19^a 1—2, haben die Beispiele wie folgt gelautet: *te āhuḥ*, s. 18^b 2 u. 19^b 1, *tasmai āsanam*, s. 18^a 3 u. 19^b 1, *paṭo uttiṣṭha*, s. 19^b 3 u. 20^b 4, und *tau imau*, s. 19^b 4; *tau imi* 18^b 4 (das *i* ist ganz verwischt) ist wahrscheinlich nur verschrieben und deshalb vom Schreiber nochmals aufgeführt worden. D.s beide ersten Beispiele sind mit den obigen identisch, statt *paṭo uttiṣṭha* hat er *paṭo iha*, für *au* aber *asau induḥ*. Vor *ay*[*ādīnām*] 19^a 1 werden natürlich außer *o av* und *au āv* noch *e ay* und *ai āy*, also die 4 in Betracht kommenden Regeln 1. 2. 12—15, gestanden haben.

20^a 1ff. erscheinen dieselben Beispiele für 1. 2. 16^b [*lope*] *tu prakṛtiḥ*, s. 20^a 4, desgl. hinter *imau* 20^a 2 nochmals die Regeln 12—15, dazu kommt mit *ayā* 20^a 3 wahrscheinlich noch 16^a.

21^a 1. Beispiele für 1. 2. 17 *e*[*dotparaḥ padānte lopam akāraḥ*], s. Z. 1—2, sind *te atra* (s. Z. 4) und *paṭo atra* (Z. 1) wie bei D.

Der Abschnitt 21^b—22^a (vgl. Taf. II, 2a) ist mir unverständlich, was sollen *ṛbudaḥ* und *marā ṝ* 21^b 1 und *rūrrutaḥ* ◠ *māru* 22^a 4?—21^b 2

---

1 = *nayanam*.

dürfte auf die Regel 1. 2. 8 gehen, während 22ᵃ2 *ro re l[opaṃ svaraś ca pūrvo dīrghaḥ]* = 1. 5. 17 zu zitieren scheint.

22ᵇ 1 enthält die Regel 1. 2. 18 *na vyaṃjane svar[āḥ saṃdheyāḥ]*, aber das Beispiel 22ᵇ 4 ist nicht klar. Ist etwa *dadhighaṭam* zu lesen? D.: *devīgṛham, paṭuhastam, mātṛmaṇḍalam* usw.

23ᵃ 1. Schluß von Kap. 2. Es folgt 1. 3. 1 *[odantā a i u ā nipātāḥ] svare prak[ṛtyā]*. Die Beispiele sind durchweg anders als bei D., vor *iha* 23ᵇ 1 wird doch wohl eine einsilbige Partikel auf *o* gestanden haben; *haṃgho* ist bisher noch nicht belegt, dagegen zitiert Boehtlingk Pet. W. *haṃho* als Interjektion des Anrufes; das Beispiel dürfte *haṃgho āgacchāmi* gelautet haben. Die Reihenfolge im folgenden scheint aber durchbrochen zu sein, denn hinter *iha* 23ᵇ 3 würde man vielleicht *i* oder *u*, aber nicht *a* erwarten. Der Anfang von 23ᵇ 4 ist nicht klar, zunächst ist nicht sicher zu erkennen, ob das erste Akṣara *ca* oder *va* zu lesen ist, da der untere Teil fehlt, auch was unter dem *dha* gestanden hat, ist nicht mehr zu erkennen; sollte es *avadhvasa* für *apadhvaṃsa* sein? Ein Imperativ ist wohl am Platz, s. D. *a apehi, i indraṃ paśya, u uttiṣṭha.*

24ᵃ 1 beginnt die Paraphrase zu 1. 3. 2 *dvivacanam anau.* D.s Beispiele sind *agnī etau, paṭū imau, śāle ete, māle ime.*

24ᵃ 4. Der Schluß von 1. 3. 3 *[bahuvacana]m amī.* D.s Beispiele sind *amī aśvāḥ, amī eḍakāḥ.*

24ᵇ 3 *anupadiṣṭā[ś ca]* = 1. 3. 4, der Fehler *upadiṣṭrās* in der Paraphrase 24ᵇ 4 ist merkwürdig; daß die Regel die Plutas betrifft, lehrt auch Durga; 25ᵃ 2 dürfte zu den Beispielen gehören, das erste Akṣara scheint *ccha* (*āgaccha?*) gewesen zu sein, D. gibt *āgaccha bho devadatta3 atra* und *tiṣṭha bho yajñadatta3 iha.* Mit dieser Regel schließt das dritte Kapitel.

25ᵃ 4 ff. Kāt. 1. 4. 1 lautet *vargaprathamāḥ padāntāḥ svaraghoṣavatsu tṛtīyān,* hier wird sie nicht anders gelautet haben, s. 25ᵇ 2 u. 3, *cavi* ist vielleicht *cavivarjitāḥ* zu ergänzen und gehört schon zur Paraphrase, die mit *āpadyante* 26ᵃ 1 schließt. Dahinter dürfte der Kommentator auseinandersetzen, daß *c* hierbei nicht in Betracht kommt, da es eben am Wortende zu *k* werden muß, vor *tad bhavati* 26ᵃ 2 scheint *k* gestanden zu haben. Für jeden Fall wird ein Beispiel gegeben, nämlich *vāk atra* und *vāk gadati, ṣaṭ atra* und *ṣaṭ gadati, tat a.* und *tat g.* und *triṣṭup*[1] *a.* und *triṣṭup g.*, während D. nur *vāg atra* und *ṣaḍ gacchanti* gibt. Das Akṣara zwischen *ṣa* und *tra* 26ᵃ 4 ist verwischt, es scheint *ta* dort gestanden zu haben, das der Schreiber also wohl hat in *ḍa* verbessern wollen.

---

[1] Es wird hier und im folgenden ständig *tṛṣṭup* geschrieben.

26^{b} 3 ff. Von den Beispielen für 1. 4. 2 [*pañcame pañcamāṃ*]*s tṛtīyā*[*n na vā*] s. 27^{a} 2 sind sicher zu ermitteln *vāk-mayam*, *ṣaṭ-mayam* und *triṣṭup-mayam*, für den Dental hat es vielleicht *tat-mayam* gelautet, s. 27^{b} 3, D. gibt *vāk-matī*, *ṣaṭ mukhāni*, *tat nayanam* und *triṣṭup minoti*.

Die Blätter 28 und 29 sind zweifellos vertauscht, denn [*tri*]*ṣṭub-mayam* 29^{a} 1 setzt das 27^{b} 4 begonnene Beispiel fort: *tṛṣṭup mayam tṛ*[*ṣṭum-mayam yadi vā tṛ*]*ṣṭub-mayam*, und mit *vāk* beginnen die einleitenden Beispiele für 1. 4. 3 *vargaprathamebhyaḥ śa*[*kāraḥ svarayava*]-*raparaś chakāraṃ na vā*, s. 29^{a} 4—^{b} 1, nämlich *vāk-śūraḥ*, *ṣaṭ śyāmāḥ*, *tat śvetam* und *triṣṭup śrūyate*, bei D. ebenso, nur *triṣṭup śrutam*. Die Paraphrase schließt 29^{b} 4, 28^{a} 1 ff. stehen die Beispiele, 28^{b} 1 beginnt die Einleitung für 1. 4. 4 *te*[*bhya eva hakāraḥ pūrvaca*]*turthaṃ na vā* s. 28^{b} 4 und 30^{a} 1. Die Beispiele für diese Regel sind *vāk hasati*, *ṣaṭ hasati* und *triṣṭup hasati*, bei D.: *vāk-hīnaḥ*, *ṣaṭ halāni*, *tat-hitam*, und *kakup-hāsaḥ*. D. gibt hier merkwürdigerweise auch ein Beispiel für *c*, nämlich *ac-halau* = *ac* und *hal*, das aber in unserem Kommentar mit Recht fehlt, da *ac* ja nur eine grammatische Fiktion ist.

31^{a} 2 gehört schon zu den einleitenden Beispielen für 1. 4. 5 [*pararūpaṃ takāro lacaṭa*]*vargeṣu* s. 31^{b} 2, es sind der Reihe nach *tat lavaṇam* s. 32^{a} 1, *tat caraṇam* 31^{a} 2 u. 32^{a} 2, *tat charaṇam* (sic!) 31^{a} 2 u. 32^{a} 3, das Beispiel für *j* fehlt an beiden Stellen, es muß 31^{a} 2—3 u. 32^{a} 3—4 gestanden haben, *tat jhaṣaṇam* (sic!) 31^{a} 3, 32^{a} 4, *tat ñatva* 32^{b} 1[1]; *tat ṭāsanam* (sic!) 32^{b} 1, *tat ṭhadanam* (sic!) 32^{b} 2, *tat ḍayanam* 32^{b} 3, *tat ḍhaukanam* 31^{b} 1 u. 32^{b} 3, *tat ṇatva* 31^{b} 1 u. 32^{b} 4. — Durga hat entsprechend *tat lunāti*, *carati*, *chādayati*, *jayati*, *jhāsayati*, *ñakāreṇa*; *ṭīkate*, *ṭhakāreṇa*, *ḍīnam*, *ḍhaukate* und *ṇakāreṇa*.

In der Lücke zwischen 32^{b} 4 u. 33^{a} 1 muß die Regel 1. 4. 6 *caṃ śe* gestanden haben, das Beispiel ist *tat śaraṇam* s. 33^{a} 3, bei D. haben wir *tac ślakṣṇaḥ* und *tac śmaśānam*.

33^{a} 4 ff. *tūryaṅ atra*, *sugaṇ atra* 33^{a} 4 u. 33^{b} 4 und *rājan atra* sind die Beispiele für 1. 4. 7 [*ṅaṇanā hrasvopa*]*dhāḥ svare dviḥ* s. 33^{b} 1, bei D. lauten sie *kruṅṅ atra*, *sugaṇṇ atra* und *pacann atra*.

34^{a} 1 ff. Die beiden nächsten Regeln fehlen unserem Kātantra (s. oben S. 188 f.). Das erste Sūtra, dessen Behandlung bis 34^{b} 3 reicht, dürfte so gelautet haben: [*ṅaṇ*]*au kaṭābhyāṃ śaṣase*[*ṣu vyavadhīyete*] s. 34^{a} 2, denn so wird doch wohl das *vyapadhīyaite* 34^{a} 4 zu verbessern sein: »*ṅ* und *ṇ* im Wortauslaut werden von folgendem Zischlaut durch *k* bzw. *ṭ* getrennt«. Zur Sache vgl. P. 8. 3. 28, Ca. 6. 4. 12, die Beispiele sind *tūryaṅ(k) śete*, *sugaṇ(ṭ) ṣaṇḍe* und *tūryaṅ(k) sarasi*.

[1] Siehe die Bemerkungen S. 187, diese Bildungen auf *tva* (sic!) sind dem Kommentar eigentümlich, s. auch 37^{a} 4 und *ṇatva* 32^{b} 4.

Die folgende Regel hat dann wohl [*tanau si*] *takāreṇa vā* gelautet, s. 35[a] 1: »*t* und *n* im Wortauslaut werden von folgendem *s* beliebig durch *t* getrennt«, s. P. 8. 3. 29—30, Ca. 6. 4. 13—14, Beispiele sind *ṣaṭ(t) sahasrāṇi* und *bhavān(t) sādhu*.

Mit 35[b] 2 beginnen die Beispiele für 1. 4. 8 *no'ntaś cachayoḥ* [*śakāram anusvāra*]*pūrvam* s. 35[b] 3—4, es sind *bhavān carati* und *bhavān chattreṇa*, bei D. *bhavāṃś carati, chādayati, cyavate* und *chyati*.

36[a] 4ff. Die Beispiele für 1. 4. 9 [*ṭa*]*ṭhayoḥ ṣakāram*, s. 36[b] 1, sind *bhavān ṭāsayati* (sic!), s. 36[a] 4 u. [b] 4, und *bhavān ṭhakāreṇa*, s. 38[a] 1, (bei D. *bhavāṃṣ ṭīkate* und *ṭhakāreṇa*), denn die Blätter 37 u. 38 sind wieder vertauscht. [*bha*]*vān thakāreṇa* 38[a] 2 ist schon das zweite Einleitungsbeispiel für die unmittelbar dahinter zu ergänzende Regel 1. 4. 10 *tathayoḥ sakāram*. Das erste Beispiel wird *bhavān tarati* (s. 38[b] 1) gelautet haben, das läßt sich mit ziemlicher Sicherheit aus dem Beispiel zu 1. 5. 3 s. 43[a] erschließen, weil die zu 1. 5. 1ff. gegebenen Beispiele immer den zu 1. 4. 8ff. gegebenen analog lauten. D. hat *bhavāṃs tarati* und *thuḍati*. — Die Regel *le lam* 1. 4. 11 muß 38[b] 3 hinter dem sie einleitenden Beispiel *bhavān lavaṇena* (bei D. *bhavāṁllunāti* und *bhavāṁllikhati*) gestanden haben. Leider ist die Stelle, wo der Sandhi ausgeführt, d. h. wo *bhavāṁllavaṇena* stehen müßte, 37[a] 2 weggerissen. — 37[a] 3 beginnen die Beispiele für die Regel 1. 4. 12 [*jajhañaśakāre*]*ṣu* [*ña*]*kāraṁ*, deren Schluß wir 37[b] 1 finden; wie das Beispiel für *jh* gelautet hat, läßt sich nicht mehr ermitteln, sonst sind es *bhavān jayati* 37[a] 3 u. [b] 4, *bhavān* [*ña*]*tva* 37[a] 4 und *bhavān śūraḥ* 39[a] 2, für die *ñ* sind 37[a] 4, [b] 1 u. 4 Lücken gelassen[1], 39[a] 2 steht fälschlich *bhavāg śuraḥ* für *bhavāñ śūraḥ*[1]. D.s Beispiele sind *bhavāñ jayati, jhāṣayati, ñakāreṇa* und *śete*.

39[a] 3ff. Das Beispiel für 1. 4. 13 *śi* [*ñcau*[2] *vā*], s. 39[a] 3, ist wieder *bhavān śūraḥ*. D. gibt 3 Beispiele, die er außerdem nach den 3 Möglichkeiten variiert, nämlich *bhavān śūraḥ, kurvan śūraḥ* und *praśān śayanam*. Unser Kommentar kann nach dem zur Verfügung stehenden Platz, s. 39[b] 3—4, nur 2 Möglichkeiten berücksichtigen. 39[b] 1—2 wird 1. 4. 3 zitiert.

Für 1. 4. 14 [*ḍaḍhaṇa*]*paras tu ṇakār*[*am*], s. 40[a] 2, gibt der Kommentar die Beispiele *bhavān ḍeyati* (sic!), s. 40[b] 1, *ḍhaukyati* (sic!), s. 40[a] 1 u. [b] 2, und *ṇatva*, s. 40[b] 3, D. *bhavāṇ ḍīnam, ḍhaukate* und *ṇakāreṇa*.

40[b] 4 [*mo'nusvā*]*raṃ vyañjane* 1. 4. 15, das Beispiel ist *taṃ śūram* 40[b] 3 u. 41[a] 2, bei D. *traṃ yāsi, tvaṃ ramase*.

[1] Siehe oben S. 187.

[2] So ist meines Erachtens statt des von Eggeling in den Text des Kāt. gesetzten *ncau* zu lesen.

Das letzte Sūtra des 4. Kapitels lautet *varge* [*tadvargapañcamaṃ vā*] s. 41^{a} 3, einziges Beispiel ist *tam karoti* s. 41^{a} 3 u. b 2, während D. für Gutturale, Palatale und Labiale je ein Beispiel gibt: *tvaṅ karoṣi, tvañ carasi* und *pumbhyām.*

1. 5. 1 lautet Kāt. [*visarjanīyaś ce*] *che vā śam,* der Schluß ist noch 42^{a} 1 erhalten, die Beispiele sind *kaḥ carati,* s. 41^{b} 4 u. 42^{a} 4 und *kaḥ chattreṇa,* s. 42^{a} 4 und vgl. 35^{b} 2 ff. zu 1. 4. 8 sowie die Bemerkung S. 201 zu 1. 4. 10[1]. 42^{a} 3 wird Regel 1. 1. 21 zitiert.

42^{b} 1—2. Für die folgende Regel 1. 5. 2 *ṭe ṭhe vā ṣam* bleibt zu wenig Platz übrig, da das einleitende Beispiel für 1. 5. 3 schon 42^{b} 2 beginnt. Offenbar hat der Schreiber hier versehentlich einen Teil seines Originals übersprungen, indem er von den einleitenden Beispielen gleich auf den Schluß herübergeraten ist; die Beispiele haben natürlich *kaḥ ṭāsayati* und *kaḥ ṭhakāreṇa* gelautet, s. 36^{a} 4 ff. zu 1. 4. 9.

42^{b} 3 *te the vā sam* = 1. 5. 3, Beispiele sind *kaḥ tarati* und *kaḥ thakāreṇa,* s. die Bemerkungen zu 1. 4. 10, 38^{a} 2 ff.

Für 1. 5. 4 [*kakhayo*]*r jihvāmūlīyaṃ na vā,* s. 43^{a} 4, erscheinen die Beispiele *kaḥ karoti* und *kaḥ khanati* wie bei D., zum Jihvāmūlīya s. oben S. 186, für die Parallelregel 1. 5. 5. [*pa*]*phayor upadhm*[*ānīyaṃ na vā*], s. 44^{a} 2, *kaḥ pacati* und *kaḥ phalati* ebenfalls wie bei D., zum Upadhmānīya s. oben S. 187.

Die Beispiele für 1. 5. 6 [*śe ṣe se vā*] *vā pararūpam,* s. 45^{a} 1, sind *kaḥ śete* 45^{a} 4, *kaḥ ṣaṇḍe* 44^{b} 4 u. 45^{b} 1 und wahrscheinlich *kaḥ sarasi,* s. 45^{b} 2 u. 34^{b} 1 ff., bei D. steht als letztes *sādhuḥ.*

45^{b} 3 [*um a*]*kārayor ma*[*dhye*] = 1. 5. 7. Beispiel ist *kaḥ atra,* s. 46^{a} 2, bei D. *ko'tra* und *ko'rthaḥ;* 46^{a} 1 wird sicherlich 1. 2. 17 *edotparaḥ padānte lopam akāraḥ* zitiert.

Die folgende Regel 1. 5. 8 lautet im Kātantra *aghoṣavatoś ca,* hier dürfte sie [*akā*]*raghoṣavatoś* [*ca*] gelautet haben, s. 46^{a} 3 und vgl. oben S. 189. Die Paraphrase ist nicht zu Ende geführt, der Fehler muß hier aber an dem Original des Abschreibers liegen, wie die offen gelassene Stelle hinter *rṇa* 46^{b} 1 beweist[2]. Das Beispiel läßt sich nicht mehr ermitteln, das erste Wort war *ka*[*ḥ*], s. 46^{b} 1, aber *gacchati* oder *dhāvati* wie bei D. wäre zu lang, da 46^{b} 2 schon die einleitenden Beispiele für 1. 5. 9 [*aparo lopyo 'nya*]*svare yaṃ vā,* s. 46^{b} 3, bringt. Das erste von diesen hat *kaḥ iha* gelautet, s. 46^{b} 2 u. 47^{a} 2, das zweite ist nicht sicher. Das Zeichen hinter *kaḥ* 46^{b} 2 ist nicht mehr deutlich erkennbar, es sieht aus wie *yu,* das könnte aber an dieser

---

[1] Auch bei D. lauten die Beispiele von 1. 5. 1 ff. den zu 1. 4. 8 ff. gegebenen analog.

[2] S. oben S. 187.

Stelle natürlich nur irrtümlich für *u* stehen; D. hat *kaḥ iha* und *kaḥ upari.*

Die Beispiele für 1. 5. 10 [*ābhobhyām e*]*vam eva svare,* s. 47ᵃ 4, sind *kāḥ atra,* s. 47ᵃ 3 u. ᵇ 3, und *bhoḥ atra* 47ᵃ 3 u. ᵇ 4. Der Visarga am Anfang von 47ᵃ 4 ist nur versehentlich statt des Pausa-Zeichens geschrieben. D.s Beispiele sind *devā āhuḥ* und *bho atra.*

Die Blätter 48 und 49 sind wieder vertauscht, außerdem ist hier zwischen 10 und 11 eine Regel eingeschoben, die unserem Kātantra fehlt, die aber von D. nach einigen in die Kātantra-Regeln 1. 5. 11 u. 12 hineinzuinterpretieren ist: *bho ity āmantraṇaukāropalakṣaṇaṃ kecit.* Es handelt sich um den Sandhi von *bhago(ḥ)* und *agho(ḥ)*, und die betreffende Regel dürfte [*bhagoagho*]*bhyāṃ ca,* s. 49ᵃ 2, gelautet haben. Zur Sache s. P. 8. 3. 17. Mit *kāḥ gacchanti* 49ᵇ 3 beginnen dann die Beispiele für die 49ᵇ 4 zu ergänzende Regel 1. 5. 11 *ghoṣavati lopam,* 48ᵃ 1—3 gibt deren Paraphrase, das Folgende bis 48ᵇ 2 die Beispiele[1]. Zur größeren Anschaulichkeit will ich jedoch den ganzen Text so hierhersetzen, wie er vielleicht gelautet haben wird.

49ᵃ 1 [*bhago*]*ḥ atra* ◠ [*aghoḥ atra* ◠ *bhago*
2 *agho*]*bhyāṃ ca* ◠ *bha*[*goaghobhyāṃ vi*
3 *sarja*]*nīyaḥ svare pra*[*tyaye pare*
4 *lopam āpadyate* [*yadi vā yam* ◠ *bhagoḥ a*
49ᵇ 1 *tra*] ◠ *bhago atra* ◠ [*yadi vā bhagoy atra* ◠ *a*
2 *ghoḥ a*]*tra* ◠ *agho at*[*ra* ◠ *yadi vā aghoy a*
3 *tra* ◠]*kāḥ gacchaṃti*[◠ *bhoḥ gaccha* ◠ *bha*
4 *goḥ vijaya*] ◠ *aghoḥ* [*ghaṭasva* ◠ *ghoṣavati lopam*
48ᵃ 1 *ā*]*bhobhyāṃ bhagoa*[*ghobhyāṃ ca visarja*
2 *nīyaḥ*] *ghoṣavati ppra*[*tyaye lopam āpadya*
3 *te vyaṃ*] ◠ *tad bhavati* ◠ *k*[*āḥ gacchaṃti kā ga*
4 *cchaṃ*]*ti* ◠ *bho(ḥ) gaccha* ◠ *bho ga*[*ccha* ◠ *bhagoḥ ghaṭasva*
48ᵇ 1 *bhago*] *ghaṭasva* ◠ *aghoḥ vija*[*ya agho vija*
2 *ya*] ◠ .

Die folgende Regel 1. 5. 12 lautet Kāt. [*nāmipa*]*ro ram,* es ist anzunehmen, daß sie in unserem Text ebenso gelautet hat, s. 48ᵇ 3, doch läßt es sich nicht sicher behaupten, da die Reste von jetzt ab zu dürftig werden. Das erste Beispiel ist hier *agniḥ dahati,* was auch zu der mit *ghoṣavati*[2] beginnenden Paraphrase stimmt, während D. diese Regel anders faßt (*rūrarthaṃ* [s. Kāt. 2. 3. 52] *vacanam idam*) und erst das folgende Sūtra 1. 5. 13 *ghoṣavatsvaraparaḥ* in dieser Weise erklärt,

[1] Bei D. *devā gatāḥ, bho yāsi, bhago vraja, agho yaja.*

[2] Anuvṛtti von 1. 5. 11.

denn erst dort gibt er die Beispiele *agnir gacchati, agnir atra*; *paṭur vadati, paṭur atra*. Es ist darum leicht möglich, daß die Regel Kāt. 1. 5. 13 unserem Text überhaupt gefehlt hat, denn das nächste Stück 50[a] 4 gehört schon zu der Regel 1. 5. 14 [*rapra*]*kṛtir anāmi*[*paro'pi*].

Fol. 51, das ich noch aus 3 kleinen Fetzen zusammensetzen konnte, enthält in 51[a] 1 die Regel 1. 5. 15 [*e*]*ṣasapar*[*o vyañjane lopyaḥ*], in 51[b] 1 die Regel 1. 5. 16 *na visarja*[*nīyalope punaḥ sandhiḥ*], während auf 53[a] 4 die Regel 1. 5. 17 [*ro re lopaṃ svaraś ca*] *pūrvo dīrgha*[*ḥ*] vorzuliegen scheint.

III.

Dieses Stück, gez. T II, S 74, Nr. 1, stammt aus derselben Gegend wie das Sitzungsber. 1907, S. 466 ff. behandelte Fragment, nämlich aus einem Schutthaufen in der Schlucht von Sängim Aġïz, so versicherten wenigstens die Leute jener Gegend, von denen Hr. von Le Coq es neben anderen Papierfetzen heterogensten Inhalts käuflich erworben hat. Das gelbbraune Papier ist stark zermürbt, und die Brāhmī-Schrift ist sehr verblaßt. Auf jeder Seite stehen 6 Zeilen, und es scheint, als ob die ursprüngliche Höhe sich erhalten hat, dagegen fehlen die Ränder rechts und links (s. Taf. II, Abb. 3), und es läßt sich bei dem geringen Umfange des Fragmentes nicht sagen, wieviel an beiden Seiten fehlt. Wir werden sehen, daß die Regeln behandelt sind, welche Kāt. 2. 6. 41—47 entsprechen, aber es ist nicht sicher auszumachen, ob sie alle genau so gelautet haben. Daß der Kommentar mit dem unter II behandelten identisch ist, halte ich für zweifellos, wenngleich er hier im Gegensatze zu der Breite und Klarheit, ich möchte fast sagen Harmlosigkeit im Sandhiprakaraṇa, eine merkwürdige Kürze und Prägnanz zeigt.

[a] 1 *vā* ⌒ *devarāja* ⌒ *devasakh-*
2 ⌒ *chatropānaham* ⌒ *vāgvipruṣam* ⌒ *upaśaradam* ⌒
3 *-yakṣadharmāḥ surabhigandhi* ⌒ *vadhūjāni* ⌒ *gaṇī*
4 *. nty-der lopaḥ* ⌒ *ḍānubandhe pratyaye a*
5 *-o dv-daśa* ¦ *ter-i . ter api* ⌒ *ter lopo*
6 *e . viṃśa . . .* ¦
[b] 1 *ava-ṇ-*
2 *ya* ⌒ *vāsiṣṭha* ⌒ *gā . yaḥ kāpyaḥ gā- gya .*
3 *n-ntasya kvacit tu lopo bhavati* ⌒ *sva*
4 *-dyaṃ vartate* ⌒ *hāstinam* ⌒ *vemanya* ⌒ ¦ *u*
5 *-v- . pādayitavyaḥ svare pratyaye ye caḥ bhā*
6 ¦ *eye kadrvās tu lupyate* ⌒ *. . . tyaye pa*

Auf der ersten Zeile beginnen die Beispiele zu Kāt. 2. 6. 41 *samāsāntagatānāṃ vā rājādīnām adantatā*, zu *devarāja* und *devasakha*[1], s. P. 5. 4. 91 und Ratneśvara bei Durga zu Kāt. 2. 6. 41, Sūtra 1, es fehlt merkwürdigerweise das Beispiel für *ahan*; zu *chattropānaham* und *vāgvipruṣam* s. P. 5. 4. 106, R. 36, zu *upaśaradam* P. 5. 4. 107, R. 38. Sehr instruktiv für die Erklärung der Regel sind [*prat*]*yakṣadharmā*[1], *surabhigandhi* und *vadhūjāni*, da sie Beispiele für ursprüngliche *a*-Stämme bilden, die als letztes Glied des Bahuvrīhi-Kompositums nicht mehr *adanta* sind, zur Bildung s. P. 5. 4. 124, 135 u. 134. Bei *gaṇī* dürfte vielleicht an *gaṇikāpāda*, s. die *hastyādayaḥ* zu P. 5. 4. 138, zu denken sein.

Kāt. 2. 6. 42 lautet *ḍānubandhe 'ntyasvarāder lopaḥ*, hier steht aber nur *'nty*[*ā*]*der lopaḥ*, s. Z. 4. Mit *ḍānubandhe* beginnt die Paraphrase, *dv*[*ā*]*daśa* Z. 5 scheint das Beispiel zu sein, vgl. P. 5. 2. 45, D. hat hier *catvāriṃśaḥ*, s. P. 5. 2. 46.

Es folgt die Regel *ter* [*v*]*i*[*ṃśa*]*ter api* = Kāt. 2. 6. 43. Hinter *e*[*ka*]*viṃśa* Z. 6 haben noch 2—3 Akṣaras vor dem Schluß des Kommentars gestanden, vielleicht ist *ekaviṃśaṃ śataṃ* gemeint, s. P. 5. 2. 46 Vā. 3, D. gibt nur *viṃśaḥ*.

ava[*r*]*ṇa* Z. 1 d. R. gehört wohl zur Paraphrase von *ivarṇāvarṇayor lopaḥ svare pratyaye ye ca* = Kāt. 2. 6. 44, Z. 2 gibt Beispiele dazu. Das Beispiel vor *vāsiṣṭha* muß nach dem Schema, das der Kommentar im folgenden beobachtet, ein Beispiel für *ī* gewesen sein, das *ya* dürfte also wohl als *sauparṇeya* zu ergänzen sein, Suff. *eya* von *suparṇī*, s. P. 4. 1. 120; *vāsiṣṭha*, Suff. *a* von *vasiṣṭha*, s. P. 4. 1. 114. Da wir ein Beispiel für *ā* zu erwarten haben, dürfte das nächste Wort *gā*[*ṅge*]*ya* (vgl. D.) zu ergänzen sein, Suff. *eya* von *gaṅgā*, s. P. 4. 1. 120, Kāt. 2. 6. 4 — *kāpya*, Suff. *ya* von *kapi*, s. P. 4. 1. 107 — *gā*[*r*]*gya*, Suff. *ya* von *garga*, s. P. 4. 1. 105, Kāt. 2. 6. 2.

Z. 4 gehört zur Paraphrase von *nas tu kvacit* = Kāt. 2. 6. 45, *hāstinam* und *vaimanya*[*ḥ*] sind Beispiele für den Nichtschwund, die bei D. fehlen, vgl. P. 6. 4. 144 und 164 ff., zu *hāstinam* P. 6. 4. 166, zu *vaimanyaḥ* 6. 4. 168 und die Glosse in Böhtlingks Pāṇini, 1. Aufl.

Das folgende *u* bildet den Anfang der Regel Kāt. 2. 6. 46 *uvarṇas tv otvam āpādyaḥ* (vgl. P. 6. 4. 146), mit *o*[*tvam ā*]*pādayitavyaḥ svare pratyaye ye ca*ᐢ (sic!) Z. 5 schließt die Paraphrase, das folgende Beispiel war vielleicht *bhārgavaḥ*, bei D. haben wir *aupagavaḥ* und *bābhravyaḥ*.

Z. 6 *eye 'kadrvās tu lupyate* ist = Kāt. 2. 6. 47, das ist die Regel, mit der das Sitzungsber. 1907, S. 466 ff. behandelte Bruchstück beginnt,

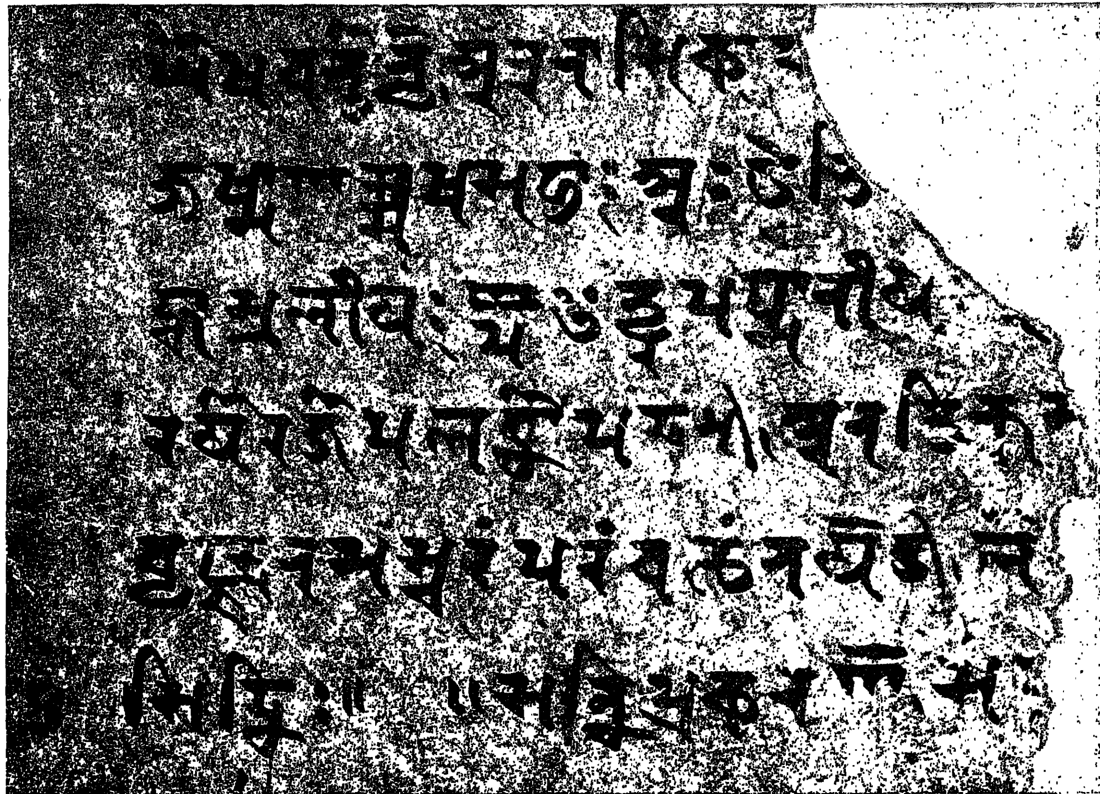
---

[1] Visarga wird teils geschrieben, teils nicht, öfter auch an Stelle des Pausa-Zeichens gesetzt.

zu dem ich hier am Schlusse noch einiges nachtragen möchte. Die Lesart *lakṣmaṇa* (s. S. 483f, 61) haben, wie mir Geheimrat Kielhorn schrieb, auch Śākaṭāyana 1. 3. 73 und Hemacandra 2. 4. 75, während die von K. verglichenen Manuskripte Pāṇinis und der Kāśikā sämtlich *lakṣaṇa* haben.

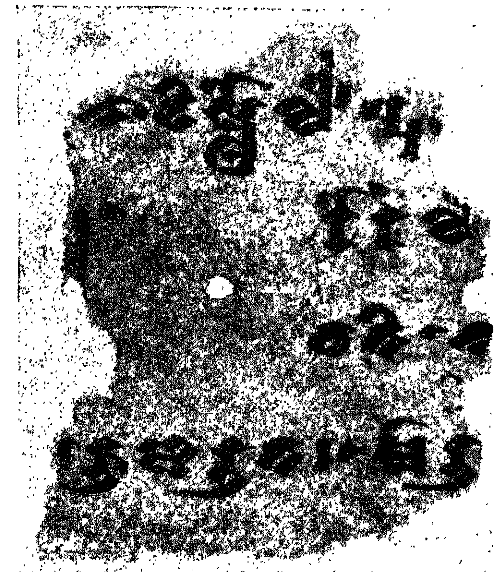
kumbhī (s. S. 481, 36—43) findet sich im Gaṇaratnam. 1. 46 als Pflanzenname, und *kadrū* (s. S. 483, 60) fußt natürlich auf P. 4. 1. 72, was ich damals ganz übersehen hatte. Ich verdanke diese beiden Hinweise Prof. Wackernagel.

Ausgegeben am 27. Februar.



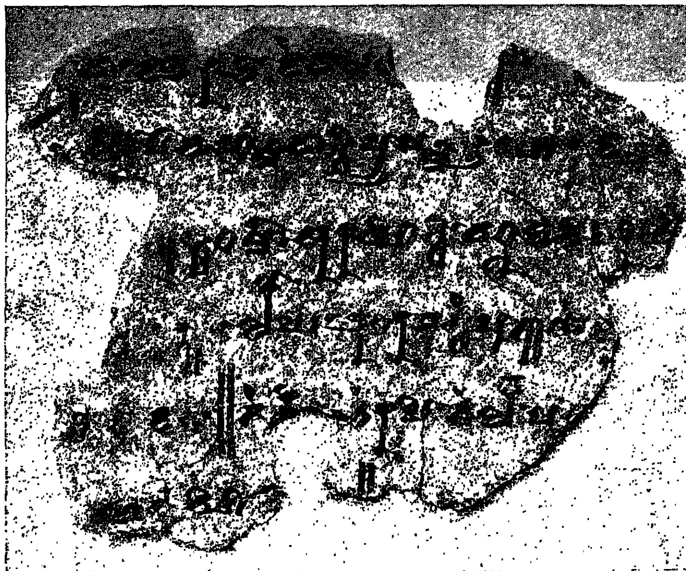
1

T III, M. 167



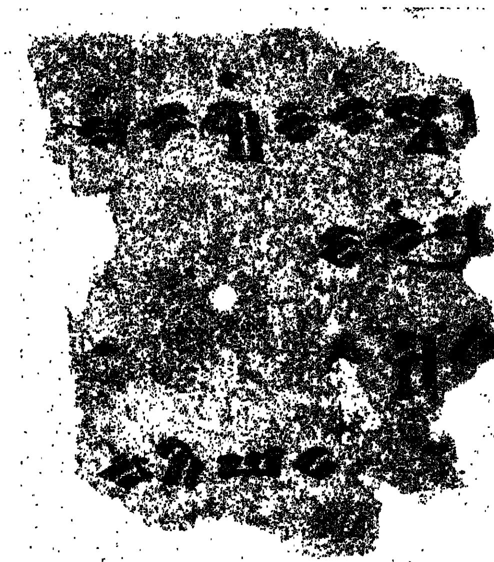
2a

T III, Šorčuq, fol. 22a



3

T II, S 74, Nr. 1



2b

T III, Šorčuq, fol. 22b

E. Sieg: Neue Bruchstücke der Sanskrit-Grammatik aus Chinesisch-Turkistan.

1908.

IX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

20. Februar. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Diels.

*1. Hr. Koser las: Zur Charakteristik der Politik Ludwig's XIV.

Abschnitt aus einer demnächst in dem Sammelwerk »Die Kultur der Gegenwart« erscheinenden Übersicht »Staat und Gesellschaft zur Höhezeit des Absolutismus«.

2. Hr. von Kekule legte den 6. Bericht über die von den Königlichen Museen in Berlin, in den Jahren 1906 und 1907 unter der Leitung des Hrn. Wiegand, in Milet und Didyma fortgesetzten Ausgrabungen vor. (Abh.)

Ausgegeben am 27. Februar.

1908.
X.

SITZUNGSBERICHTE
DER
KÖNIGLICH PREUSSISCHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

20. Februar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Rubens las über das Reflexionsvermögen des Wassers. (Ersch. später.)

Wasser und Alkohol zeigen im ultrarothen Spectrum selective Reflexion. Beide Flüssigkeiten besitzen eine Reihe von Streifen anomaler Reflexion, welche angenähert an denselben Stellen liegen, an welchen die stärkste Absorption vorhanden ist. Ein Einfluss der hohen Dielektricitätsconstanten, welche beiden Flüssigkeiten eigenthümlich ist, macht sich innerhalb des durchmessenen Spectralbereichs nicht bemerkbar.

2. Hr. Martens legte eine Mittheilung aus dem Kgl. Material-Prüfungsamt vor: »Bestimmung der kritischen Spannungen in festen Körpern« von Hrn. E. Rasch.

Die kritische Grenzspannung (Elasticitätsgrenze) in festen Körpern wird thermodynamisch als Fliessvorgang bei der Temperatur T und dem Druck p definirt. Es ist bei derselben $\frac{dT}{T}\frac{1}{dp} = 0$. Zur Bestimmung der Fliessgrenze (p_k) wird noch eine einfache thermisch-elektrische Beobachtungsmethode angegeben und an Versuchen geprüft.

3. Hr. Branca legte eine Mittheilung des Hrn. Dr. W. Gothan vor: »Zur Entstehung des Gagats.«

Die Mittheilung berichtet über die Ergebnisse einer mit akademischen Mitteln im Jahre 1906 ausgeführten Untersuchung. Verf. hat den Gagat und sein Vorkommen an der classischen, jetzt freilich ganz verarmten Fundstätte des Lias von Whitby studirt. Es ergibt sich, dass Gagat in seinem chemischen Verhalten in der Mitte steht zwischen echten Sapropelbildungen und Humusbildungen. Bei seiner Entstehung sind also nicht nur Bituminirung, sondern auch Verkohlung thätig gewesen. Der Hergang war offenbar der folgende: der Gagat wurde als ein stark erweichtes, zersetztes Holz in einen weichschlammigen Sapropelit eingebettet. So konnten die Sapropelbestandtheile in das Holz eindringen, und es erfolgten nun Inkohlung und Bituminirung.

Bestimmung der kritischen Spannungen in festen Körpern.

Von Ewald Rasch.

(Mitteilung aus dem Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde.)

(Vorgelegt von Hrn. Martens.)

1.

Bei der Verwendung auf Festigkeit beanspruchter Materialien, sei es in Bauwerken, sei es in Konstruktionsteilen, ist für die Technik die Kenntnis gewisser Grenzspannungen erforderlich, mit deren Überschreitung die unelastischen, bleibenden Formänderungen (β) die Sicherheit gefährdende Werte annehmen.

Physikalisch sind die Grenzbeanspruchungen, die gemeinhin als Elastizitäts-, Proportionalitäts- oder Streckgrenze bezeichnet werden, nicht eindeutig definiert.

Zwar könnte man grundsätzlich die Festsetzung treffen, daß als Elastizitätsgrenze diejenige spezifische Höchstbelastung p_e zu gelten habe, bei der die bleibenden Formänderungen (β) den Wert Null soeben überschreiten. Innerhalb dieser Grenze würde sodann der betrachtete Körper durch beliebige Wechselkräfte ausschließlich rein elastische Formänderungen (ε) erleiden und im Sinne der Thermodynamik vollkommen umkehrbare, geschlossene Kreisprozesse durchlaufen.

Gegen diese Begriffsbestimmung wäre einzuwenden, daß die Annahme eines vollkommen umkehrbaren Kreisprozesses in dem betrachteten Falle keineswegs gesichert erscheint und weiter, daß der Punkt, bei dem $\beta \geq 0$ wird, sich mit der Verfeinerung des jeweils angewendeten Meßverfahrens verschiebt.

Die nicht umkehrbaren Formänderungen (β) nehmen ferner bei einer großen Anzahl von Materialien mit steigenden Beanspruchungen (p) stetig und gesetzmäßig zu, und demgemäß treten auch die Gesamtdehnungen (γ) aus der Hookeschen Geraden $p = \varepsilon E$ nur langsam und zögernd heraus. In allen diesen Fällen ist ohne Willkür eine bestimmte Aussage über die Lage der Elastizitätsgrenze nicht möglich.

Um dieser Unsicherheit angesichts der einschneidenden technischen Bedeutung der Elastizitätsgrenze zu entgehen, schreiben wohl auch Abnahmebehörden vor, daß die Überschreitung einer bestimmten, willkürlich gewählten bleibenden Dehnung ($\beta = \frac{\Delta L}{L} = 0.002$; L-Meßlänge) als Kennzeichen der »praktischen Elastizitätsgrenze«, der Streckgrenze, dienen solle.

Die Messung der Formänderungen an den auf Zug oder Druck beanspruchten Probestäben erfolgt z. Z. in der technischen Physik zumeist nach der von A. Martens angegebenen Feinmeßmethode durch Spiegelapparate, die eine Dehnung von $\frac{1}{100000}$ cm in der Schätzungseinheit zu messen gestatten und deren Handhabung bequem genannt werden muß. Immerhin setzt die Aufnahme der vollständigen p, β, ε-Kurve einen versuchstechnisch geschulten Beobachter, die Festlegung der Elastizitäts- bzw. Proportionalitätsgrenze ein nicht geringes Maß persönlicher Erfahrung und persönlichen Vertrauens voraus und nimmt für einen Versuch eine Zeitdauer von 1 bis 2 Stunden in Anspruch.

Aufgabe war es, eine Methode zur Bestimmung der kritischen Grenzspannung p_k anzugeben, die tunlichst der willkürlichen Deutung entzogen ist und in bezug auf Einfachheit und Schnelligkeit des Meßverfahrens den Bedürfnissen der technischen Praxis entsprechen könne.

Diesen Ansprüchen ist die elektrische Bestimmung der den Dehnungsvorgang begleitenden Temperaturänderungen gerecht geworden.

2.

Die Thermodynamik macht in dem Clapeyron-Clausiusschen Satz eine allgemeingültige Aussage über den Gleichgewichtszustand zweier Aggregatszustände ε' und β', die bei der Temperatur T und dem Druck p miteinander in Berührung stehen können.

Es gilt unabhängig von der Natur des betrachteten Körpers:

$$(1) \qquad \frac{dT}{dp} = \frac{T}{r}(\beta' - \varepsilon') \qquad (T \mp dT = \text{constans.})$$

Dieser Satz werde auf feste Körper bezogen.

Unter β' sei das spezifische Volumen einer Masse verstanden, die unter der Spannung p und der Temperatur T Träger zähflüssiger Eigenschaften und Urheber der bleibenden Formänderungen des Materials ist. Sie sei im letzteren gleichmäßig verteilt. In Berührung mit der β-Masse stehe eine feste Phase mit dem spezifischen Volumen ε'.

Dieser Massenanteil besitze die rein elastischen Eigenschaften eines festen Körpers.

Die Größe r in Gleichung (1) ist eine Wärmetönung und stellt diejenige Wärme bzw. Arbeit dar, die erforderlich ist, um die Masseneinheit der Substanz durch Druckerhöhung bei der Temperatur T zum Fließen zu bringen. Sie kann daher in Anlehnung an den technischen Ausdruck der »Streckgrenze« als Streckwärme bezeichnet werden.

Unterwirft man einen Versuchsstab einer stetig sich steigernden Zugbeanspruchung p, so kühlt er sich ab, solange ε' erheblich größer als β' bleibt. Überwiegt anderseits beim jungfräulichen Material von vornherein die β-Phase gegenüber der ε-Phase, so ist $\frac{dT}{dp}$ positiv und der Stab erwärmt sich.

Der erstere Fall liegt beispielsweise beim Gußeisen vor, bei dem $\frac{dT}{dp}$ bis zum Eintritt des Bruches negativ bleibt, der letztere Fall tritt dann in Erscheinung, wenn es sich um weiche Materialien handelt, bei denen die bleibenden Formänderungen von Anbeginn die elastischen überwiegen.

Man erkennt aus Gleichung (1) ohne weiteres, daß bei allen Materialien der ersten Gattung im Verlauf des Zugversuchs ein kritischer Punkt auftreten muß, der dadurch ausgezeichnet ist, daß

$$\beta' \geqq \varepsilon'$$

wird und $\frac{dT}{dp}$ durch Null geht, um hierauf unter Vorzeichenwechsel rasch positive Werte anzunehmen.

Es wird sich zeigen lassen, daß dieser wohldefinierte kritische Punkt p_k sich mit der Erscheinung deckt, die man in der Technik als Streckgrenze anspricht.

Zu beachten ist noch, daß bei adiabater, rein elastischer Formänderung ($\beta' = 0$) die Abkühlung gegeben ist durch

$$-\frac{dT}{dp}\frac{1}{T} = \frac{\alpha v_0}{c_p},$$

wobei α die thermische Ausdehnungszahl, v_0 das spezifische Volumen und c_p die (in gleichem Maß wie r gemessene) spezifische Wärme des Ausgangsmaterials bedeutet.

Hieraus und aus Gleichung (1) folgt

$$\frac{dT}{dp} = T\left(\frac{\beta'}{r} - \frac{\alpha v_0}{c_p}\right).$$

3.

Die Versuchsmethode. Bereits EDLUND (1865), HAGA (1882), WACHSMUTH u. A. haben die thermischen Erscheinungen innerhalb des Gebietes der elastischen Formänderungen untersucht. Neuerdings sind während der Bearbeitung des vorliegenden Gegenstandes von H. HORT (1907) auch die Wärmeerscheinungen im Gebiete der bleibenden, nicht umkehrbaren Formänderungen kalorimetrisch verfolgt worden. Die letztere Methode kommt für den vorliegenden Zweck nicht in Frage, da sie einesteils nicht ohne Umständlichkeit ist und da andererseits infolge der großen Wärmekapazität des den Versuchsstab umgebenden Kalorimeters die thermischen Anzeigen zeitlich hinter den Kraftwirkungen beträchtlich nachschleppen.

Von Mißständen dieser Art hat sich die elektrische Temperaturmessung durch Bolometer oder Thermoelemente frei erwiesen.

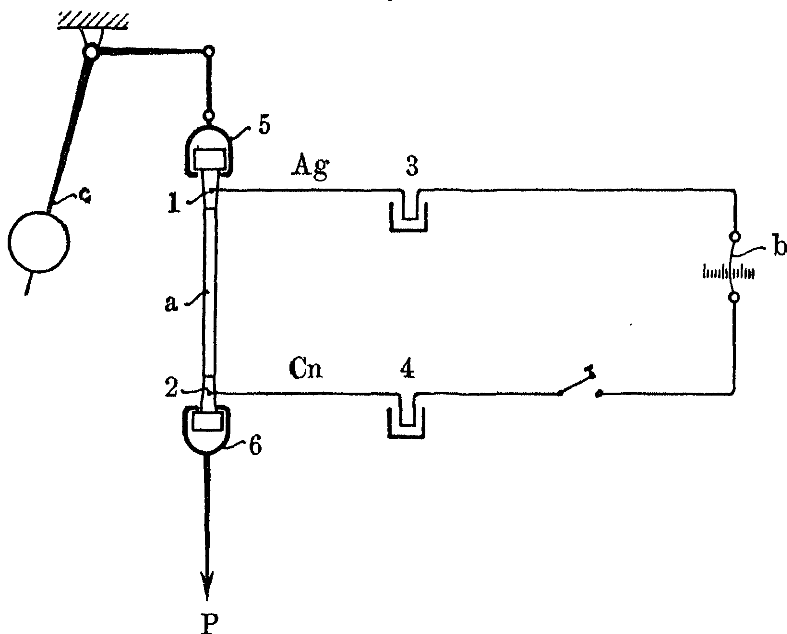
Zur Anwendung kamen zumeist Thermoelemente aus Silberkonstantan, deren Thermokraft (e) zu

$$e = [-1.259 + 0.3943\, t + 0.0002797_7\, t^2] \cdot 10^{-4} \text{ Volt}$$

ermittelt wurde.

Die Warmlötstellen des Elements konnten in sehr verschiedener Weise an dem Versuchskörper angeordnet werden, ohne daß hierdurch die Meßsicherheit merklich beeinflußt wurde. So erwies es sich keineswegs als notwendig, die Lötstelle mit dem Probestab a (Fig. 1) durch metallische Lötung zu verbinden; vielmehr war es hinreichend, die Lötstellen mit Hilfe einer federnden Spange gegen die Staboberfläche zu pressen. Erstere trug an dem einen Schenkel einen kleinen Hartholzriegel, der die auf einer Tuchunterlage gebetteten Lötstellen gegen die Stabunterlage anlegte. Es war vermutet worden, daß die thermoelektrische Anzeige zeitlich hinter dem Einsetzen des Streckvorganges nachhinken könne, wenn letzterer nicht gerade an der Stabstelle einsetzt, die von der Lötstelle berührt wird. Um dies zu vermeiden, wurde die Spange mit neun reihenartig angeordneten Lötstellen belegt. Diese Vorsichtsmaßregel erwies sich jedoch als nicht erforderlich. So genügte es u. a. auch, eine Lötstelle durch einen übergeschobenen Gummiring gegen die Staboberfläche zu pressen. Will man, um Gleitbewegungen der Lötstellen auf der Staboberfläche zu vermeiden, die Thermodrähte metallisch mit der Probe verbinden, so kann man (Fig. 1) den einen Draht (Ag) an das eine zylindrische oder konische Stabende 1 und den zweiten Thermodraht (Cn) an das Stabende 2 getrennt anlöten. In diesem Falle bildet das den Formänderungen unterworfene, zwischen 1 und 2 gelegene Probematerial selbst die Lötstelle.

Fig. 1.



Wesentlich ist es naturgemäß, den Stab und die Lötstellen während des Versuches vor Luftströmungen zu schützen. Die langsamen Schwankungen der Zimmertemperatur störten den praktischen Versuch, der nur kurze Zeit in Anspruch nimmt, in keinem Einzelfalle derart, daß eine Unsicherheit bezüglich der Lage der kritischen Spannung auftauchen könnte. Die Kaltlötstellen befanden sich gemeinhin in Ölgefäßen 3, 4 (Fig. 1).

Die Thermokräfte wurden zum Teil mit einem Drehspulgalvanometer von Hartmann & Braun, das mit objektiver Spiegelablesung ausgerüstet war, zum Teil mit einem kleinen Saitengalvanometer (b, Fig. 1), Bauart Einthoven-Edelmann, gemessen. Für die Wahl des letzteren waren Versuche ausschlaggebend, die sich auf das Studium zeitlich rasch verlaufender Formänderungen (Schlagversuche) beziehen. Das schwingende System des Saitengalvanometers bestand aus einem dünnen Goldfaden (b) von 87 Ohm Widerstand und 0.0085 mm Durchmesser, der unter dem elektrodynamischen Einfluß des ihn durchfließenden Thermostromes einerseits und eines senkrecht zur Mikrometerskala gerichteten elektromagnetischen Kraftlinienfeldes anderseits parallel zur Skalenebene ausweicht. Die Empfindlichkeit des Instruments kann durch Entspannung des Fadens in sehr weiten Grenzen geregelt werden; der Ausschlag erfolgt in Anbetracht des geringen Trägheitsmoments des schwingenden Systems außerordentlich rasch. Die Anzeige des Instruments ist der elektromotorischen Kraft in den

einzelnen Ablesebezirken nicht völlig proportional. Bei den später mitzuteilenden Versuchen entspricht eine Schätzungseinheit ϑ der Ablesung den nachstehenden Temperaturen:

Ablesung ϑ	24	50	102	146	205	270	350
1 ϑ =	0.00417	0.00400	0.00393	0.00343	0.00296	0.00260	0.00229 C°

Für praktische Zwecke hat sich diese Empfindlichkeit als ausreichend erwiesen. Für feinere Untersuchungen ist eine Bolometerdoppelbrücke vorgesehen. Die symmetrisch in einem innen geschwärzten Kasten angeordneten acht Einzelzweige der Doppelbrücke bestehen aus dünnen Platinfäden, die in kleinen evakuierten Glasbirnen angeordnet sind. Die Herstellung der Bolometerlampen erfolgte in dankenswerter Weise durch das Glühlampenwerk der Deutschen Gasglühlicht-Aktiengesellschaft.

Die Zugversuche wurden zumeist an Stäben von 3.14 qcm Querschnitt, 22 cm prismatischer bzw. zylindrischer Länge und üblicher Probenform ausgeführt. Zur Verwendung kam eine Prüfmaschine, Bauart Pohlmeyer, mit 50000 kg Kraftleistung und hydraulischem Kraftantrieb. Die Kraftmessung erfolgt durch eine in Fig. 1 schematisch angedeutete Neigungswage c, die mit einem Martensschen Kraftanzeiger und Schaulinienzeichner ausgerüstet ist, der die Formänderungen des Probestabes als Funktion der Zugkräfte aufzeichnet.

Dehnungsmessungen bis zur Streckgrenze wurden mit Hilfe Martensscher Spiegelapparate ausgeführt.

4.

Versuchsergebnisse. Bei weicherem Flußstahl setzt der Streckvorgang gemeinhin rasch ein und macht sich auch durch Absinken der Pendelwage mehr oder minder deutlich kenntlich. In diesem typisch ausgeprägten Falle wird die Streckgeschwindigkeit größer als die konstante Vorschubgeschwindigkeit des Kraftkolbens, so daß sich der Stab durch den Streckvorgang selbst entspannt.

Tabelle 1 veranschaulicht den Versuchsverlauf für einen Stahlrundstab von 2.010 cm Durchmesser, dessen Streckgrenze sich durch die Umkehr der Galvanometeranzeige ϑ und gleichzeitiges Absinken der Kraftanzeige bei einer Zugkraft von 10710 kg ($p_{\varkappa} = 3380$ kg/qcm) scharf zu erkennen gibt. Es bedeutet $-\vartheta$ eine Abkühlung, $+\vartheta$ eine Erwärmung des Stabes in den Ablesungseinheiten des Saitengalvanometers.

Tabelle 1.

Material: Stahl. Rundstab von 2.010 cm Durchmesser (Vers. 38).

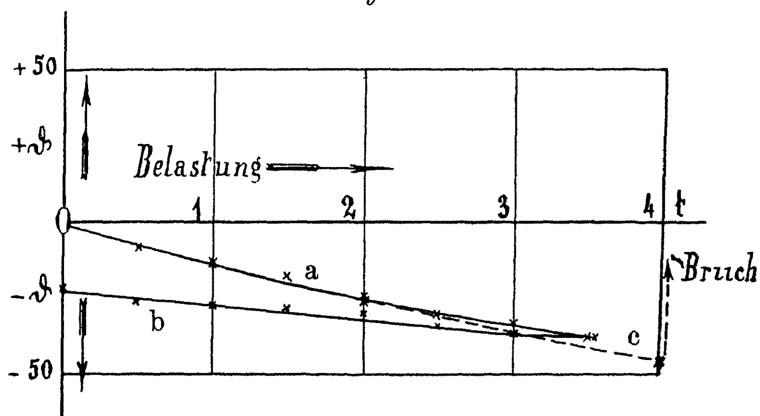
Zugkraft kg	Ablesung am Saiten-galvanometer ϑ	Bemerkungen
0	± 0	Thermoelement: Silber-Konstantan. Mit Gummiring an Stabmitte angepreßt.
2000	− 45	
4000	− 90	
6000	−132	
8000	−183	
10000	−230	
10710	−255	Streckgrenze! Galvanometeranzeige kehrt um, Kraftanzeige sinkt bis auf 10650 kg ab.
10650	± 0	
11000	+ 10	
12000	+115	
13000	+193	

Wesentlich schwieriger als in dem vorigen Fall ist die Angabe einer Streckgrenze bei weichem Material, bei dem der Einfluß voraufgegangener mechanischer Bearbeitung durch Glühen beseitigt ist.

Fig. 2 veranschaulicht Versuche, welche mit einem Messingrundstab von 3.14 qcm Querschnitt durchgeführt wurden. Der Stab war bei 550° C etwa 15 Minuten lang geglüht und wurde einer stetig ansteigenden Belastung unterworfen. Wie der Verlauf der Kurve a zeigt, kühlt sich der Stab zuerst ab, $\frac{dT}{dp}$ ist negativ. Mit steigender Belastung wird die Abkühlung geringer, und schließlich wird bei 3610 kg = 1150 kg/qcm $\frac{dT}{dp} = 0$, der Stab hat die Streckgrenze erreicht. Bei weiterer Belastung nimmt $\frac{dT}{dp}$ positive Werte an, welche sehr schnell ansteigen; bei einer Belastung von 6000 kg wurde der Stab entlastet. Bemerkenswert ist, daß der Kraftmesser der Maschine keinerlei Anzeichen des Streckens wahrnehmen ließ, während das Galvanometer den Punkt $\frac{dT}{dp} = 0$ stets dadurch scharf anzeigt, daß der im Magnetfeld bewegte Faden seine Bewegungsrichtung umkehrt. Derselbe Stab wurde hierauf einer erneuten Belastung unterworfen, es wiederholt sich derselbe Vorgang, wie Kurve b zeigt; $\frac{dT}{dp}$ wird 0 bei einer Belastung von 6040 kg = 1920 kg/qcm, d. h. der Stab zeigt die Streckgrenze bei der Höchstspannung, der er bei dem vor-

Fig. 2.

Fig. 3.



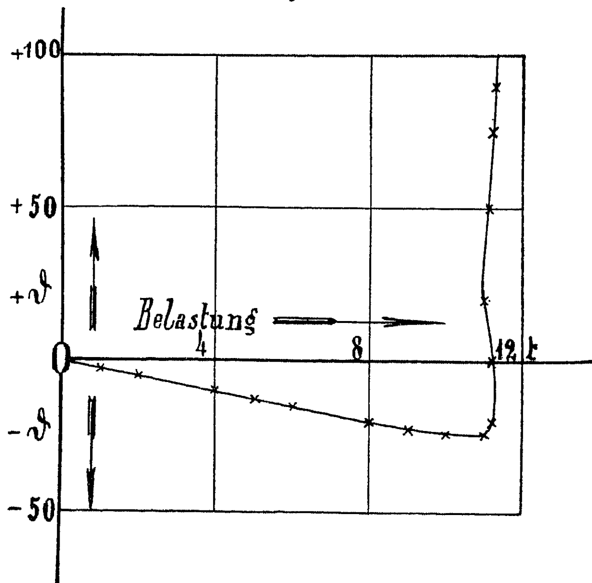
herigen Versuch unterworfen worden war. Das Strecken wird in diesem Fall auch von dem Kraftmesser deutlich angezeigt, indem die Wage etwas absinkt. Nachdem der Stab noch bis 7500 kg belastet und sodann entlastet wurde, wird derselbe Versuch mehrmals wiederholt; die Kurven c, d, e und f zeigen alle übereinstimmend dasselbe: $\frac{dT}{dp} = 0$ bei derjenigen Höchstbelastung, welcher der Stab bei dem vorhergehenden Versuch ausgesetzt worden war.

Fig. 3 zeigt Versuche mit einem Normalrundstab aus Gußeisen. Bei Belastung ergibt sich auch hier Abkühlung, $\frac{dT}{dp}$ negativ; mit steigender Belastung nähert sich die Kurve a der horizontalen Tangente, d. h. $\frac{dT}{dp}$ dem Wert 0. Bei 3560 kg = 1130 kg/qcm wird allmählich entlastet; der Stab erwärmt sich gegenüber der zuletzt erreichten Temperatur; den Verlauf von $\frac{dT}{dp}$ bei Entlastung zeigt Kurve b.

Derselbe Stab wird nochmals belastet (s. Verlauf der Kurve c). Im Moment des Bruches, bei 4000 kg = 1270 kg/qcm, zeigt das Galvanometer eine plötzliche starke Umkehr des Fadens an, entsprechend einer Erwärmung des Stabs.

Einen Versuch mit Flußeisen veranschaulicht Fig. 4, bei 11000 kg = 3500 kg/qcm haben wir die Umkehr von Abkühlung zu Erwärmung,

Fig. 4.



$\frac{dT}{dp} = 0$, der Kraftanzeiger zeigt ein Strecken durch Sinken der Wage erst später an. Bei weiterer Belastung nimmt die Erwärmung stark zu.

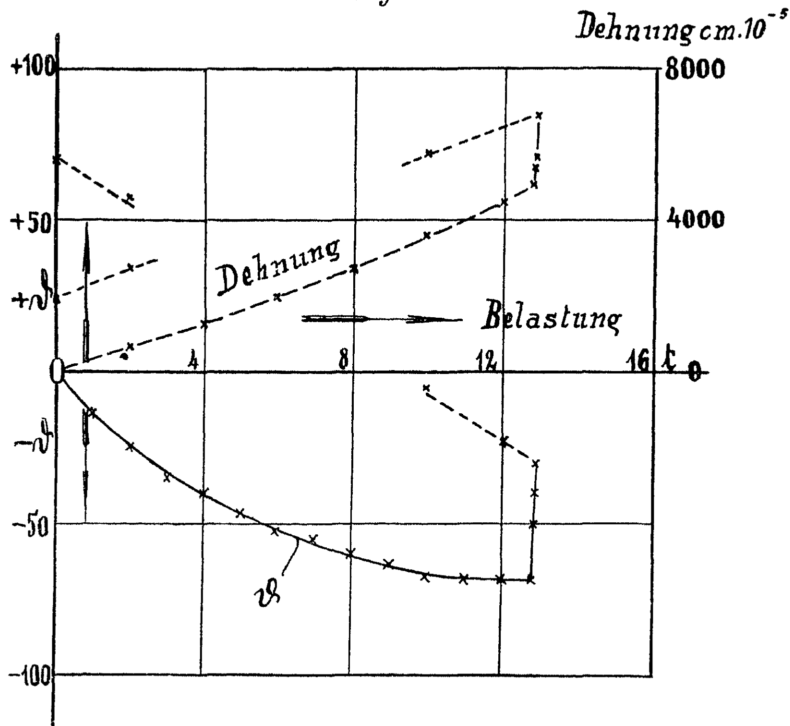
Die Übereinstimmung dieser Versuchsresultate mit den durch Dehnungsmessungen gewonnenen zu zeigen, wird durch einen Zugversuch mit einem Messingrundstab von 2 cm Durchmesser dargetan, bei dem neben den Temperaturmessungen Dehnungsmessungen mit Martensschen Spiegelapparaten ausgeführt sind. Tab. 2 gibt die beiderseits beobachteten Werte wieder, während in Fig. 5 einerseits ϑ, andererseits die Dehnungen zu den zugehörigen Belastungen auf-

Tabelle 2.

Zugversuch mit einem Messingrundstab $d = 2.0$ cm.

Belastung kg	Gesamtdehnung $\frac{1}{100000}$ cm	Dehnungszuwachs $\frac{1}{100000}$ cm	Galvanometerablesung ϑ	Bemerkungen
0	0	0	0	Zeit: 11 06
1000	320	320	−13	
2000	631	311	−25	
3000	954	323	−35	
4000	1277	323	−40	
5000	1617	340	−48	
6000	1971	354	−53	
7000	2336	365	−56	
8000	2717	381	−60	
9000	3108	391	−63	
10000	3527	419	−67	
11000	3965	438	−69	
12000	4431	466	−69	
12810	4948	—	−69	Galvanometerablesung kehrt um!
12860	5400	—	−50	
12890	5700	—	−44	
12900	6620	—	−40	
12900	6810	—	−32	
12000	6490	—	−22	Entlastet.
10000	5801	—	+ 2	
9000	5450	−351	+13	
8000	5098	−352	+23	
7000	4712	−386	+28	
6000	4335	−377	+31	
5000	3953	−382	+30	Abflußventil wird weiter geöffnet.
4000	3566	−387	+38	
3000	3151	−415	+48	
2000	2751	−400	+57	
1000	2324	−427	+54	
0	1885	−439	+67	Zeit: 11 32
0	1866		52	

Fig. 5.



getragen sind. Fig. 5 erweist, daß beide Versuchsresultate scharf übereinstimmen.

Die thermische Methode scheint auch geeignet zu sein, über die Spannungsverteilung im Innern fester Körper, die z. Z. jeder Beobachtung unzugänglich ist, Aufschlüsse zu geben.

Es sei vorbehalten, über diese Untersuchungen, die z. Z. beim Kgl. Materialprüfungsamt im Gange sind, a. O. zu berichten.

Zur Entstehung des Gagats.

Von Dr. W. Gothan.

(Vorgelegt von Hrn. Branca.)

Einer Unterstützung der Akademie verdanke ich die Möglichkeit einer Untersuchung der klassischen Lagerstätte des Gagats im Lias von Yorkshire, bei welcher sich mir die im folgenden dargelegte Entstehungsweise dieser interessanten, von den gewöhnlichen Steinkohlen so abweichenden Kohle ergab. Einleitend möchte ich zunächst kurz die in meiner früheren Publikation über die Entstehung von Gagat (Naturw. Wochenschr. 1906 Nr. 2 S. 17—24) bis dahin gewonnenen Resultate rekapitulieren. Es wurde neuerdings erhärtet, daß Gagat[1] trotz aller Fremdartigkeit seines Aussehens aus Holz hervorgegangen ist, das bei und vor der Einschwemmung in die Schichten, in denen es jetzt vorkommt, einen eigentümlichen Erweichungs- und Zersetzungsprozeß durchgemacht hat; später verlor es bei dem zunehmenden Wasserverlust des umgebenden Gesteinsmediums seine anfängliche Größe und Form, wobei es gleichzeitig — im Gegensatz zu seiner anfänglichen großen Weichheit, die selbst harte Fremdkörper mühelos eine Strecke weit hineindringen ließ — die große Kompaktheit und relative Strukturlosigkeit erhielt, die uns beim Gagat immer wieder — besonders im Hinblick auf seine Entstehung aus Holz — Schwierigkeiten verursacht. Die »Strukturverhältnisse«, soweit der Jet solche erkennen läßt, namentlich die von Seward beobachteten, aber nicht richtig erklärten Zickzacklinien, treten beim Zusammenschrumpfen des Holzes von selbst auf, wie die Beobachtung der von mir untersuchten rezenten Parallelen ergab: es sind die Tracen der

[1] Es wird oft allerhand als Gagat bezeichnet, das nicht hierher gehört; besonders aus dem Gebiet der sogenannten »Pechkohle«, eines übrigens recht unbestimmten Terminus, wird manches für Gagat angesehen. Man muß sich indessen hüten, solche auch in einzelnen Bruchstücken vorkommenden »Pechkohlen« damit zu verwechseln, die von einem stark doppleritisierten, d. h. mehr oder minder homogen humifizierten Urmaterial (wie etwa der rezente Dopplerit) sich herleiten. (Vgl. die Definition von Gagat S. 226.)

Herbstholzschicht der Jahresringe, die beim Zusammensinken des Holzes infolge der Inhomogenität des Jahrringholzes Knickstruktur annimmt. Die Kompaktheit des Jets kann ohne Mitwirken von Gebirgsdruck erworben werden und wird meist ohne diese erworben, da der Gebirgsdruck vielfach erst zur Geltung kommt, wenn das Gestein mehr oder weniger sein Wasser eingebüßt hat und damit die Jethölzer ihre Kompaktheit schon mehr oder weniger erreicht haben.

Lagerungsverhältnisse des Jets an der Küste von Yorkshire.

Wie bekannt, findet man den Jet in Yorkshire in denselben Schichten wie in Deutschland (Holzmaden in Württemberg); es sind dort gewisse Schichten der bei uns als Lias ϵ bekannten Liasstufe, und zwar des als Posidonienschiefer bezeichneten Horizonts, der sich auch in Yorkshire durch sehr starken Bitumengehalt, auch von Petrolea, auszeichnet. Innerhalb des Posidonienschiefers ist es wieder ein wenig mächtiger Horizont, der eigentliche Jetrock, der den Gagat enthält[1]. Es ist dies ein Gestein, das infolge stärkeren Kalkgehalts dickplattig bankt und frisch gebrochen intensiv nach Rohpetroleum riecht. Die Fossilien in diesem Gestein (am häufigsten sind *Ammonites (Harpoceras) serpentinus* und außer *Posidonomya Bronni Inoceramus dubius*) sind meist (bis auf die *Posidonomya*) oder doch sehr häufig in Knollen eingehüllt, die außer Ton Kalk, Schwefelkies, auch Brauneisen in innigem Gemenge mit dem Ton enthalten. In solchen Knollen finden sich auch mit Vorliebe die Jetstücke. Zwar konnte ich an Ort und Stelle (bei Kettleness nördlich Whitby) nur schmälere Platten von Gagat beobachten, da dickere jetzt nur noch selten gefunden werden; doch ist dies für die Untersuchung gleichgültig. Diese Jetplatten zeigten sich nun sehr oft umgeben von einem grobkörnig krystallinischen, sehr bituminösen Kalk, oder dieser war ihnen angelagert. Auch sah man, daß einzelne Jetstückchen abgebröckelt waren und nun regellos in dem Kalk verteilt waren. Aber auch das Umgekehrte kommt vor, insofern die Gagathölzer sehr oft kreuz und quer verlaufende Sprünge zeigen, die mit Kalkspat — dieser ist es mit Vorliebe — erfüllt sind. Alle diese Zerspellungsvorgänge an den Hölzern sind offenbar mit ihrer einstigen außerordentlichen Weich-

[1] Die Whitbyer Vorkommnisse in Yorkshire sind übrigens sozusagen erschöpft; um die alte Jetindustrie dort nicht eingehen zu lassen, wird massenhaft Jet aus Spanien eingeführt, der aus der Kreide zu stammen scheint (vgl. Roth, Allgemeine und chemische Geologie Bd. II, S. 653. Ich konnte nur noch 3 schöne Stücke von Jet aus Yorkshire dort erhalten.

heit in Verbindung zu bringen, die unter Umständen beim Schrumpfen des Gesteins sogar zu Zerreißungen führte. Diese Zerreißungen würden noch weit bedeutender gewesen sein, wenn nicht die Schrumpfung der Hölzer in der Längsrichtung die geringste wäre.

Schon die Abbildungen, die ich a. a. O. S. 21 von den verschrumpften Hölzern aus Ton von Hermsdorf bei Berlin gegeben habe, legen den Gedanken nahe, daß die Schrumpfung der Gagathölzer eine meist weit stärkere ist als die des Hüllgesteins.

Dies kann man auch an den fossilen Vorkommnissen in England nachweisen. Man wird hier allerdings im allgemeinen keine Hohlräume im Gestein an der Stelle, an welcher der Gagat liegt, erwarten dürfen; denn in der Natur werden die löslichen Bestandteile des Posidonienschiefers alsbald diese Höhlungen erfüllen, und zwar wird es mit Vorliebe das leichtest lösliche, hier in Betracht kommende Mineral sein, der Kalkspat. So sahen wir vorhin schon, daß bei den durch Quersprünge zerspellten Gagathölzern der Kalkspat in die Spalten eingewandert war. Die oben erwähnten Kalkspatmassen (das Bitumen lasse ich hier noch außer Betracht), die sich so häufig an den Gagatstücken in den Knollenkonkretionen finden, sind es gewesen, die die durch das starke Schrumpfen des Holzes entstehenden Hohlräume füllten. Im Whitbyer Museum befindet sich übrigens auch ein Stück Gagat mit einer unausgefüllten Höhlung, das aber als Ausnahme zu betrachten ist. In anderen Fällen ist es statt des Kalks Material von dem umgebenden Gestein oder der Konkretion, das die Lücke erfüllt, (vgl. die Abbildung von SEWARD, Jurassic Flora 1904 part II S. 67, kopiert in Naturwiss. Wochenschrift 1906 Nr. 2, S. 22).

Die Rolle der Bitumina bei der Gagatbildung.

Eine sehr auffällige Erscheinung bei dem Vorkommen des Gagats — ich denke hier an die Württemberger und englischen Verhältnisse — ist der reichliche Bitumengehalt des Hüllgesteins. Der Umstand, daß in England und Württemberg in dieser Beziehung das gleiche Verhältnis herrscht, legt den Gedanken nahe, daß der Bitumengehalt des Nebengesteins eine sehr wesentliche Rolle beim Gagatisierungsprozeß spielt. Hierin wird man noch mehr bestärkt, wenn man das chemische Verhalten des Gagats betrachtet. Die Mengen brennbarer Gase, die bei der trockenen Destillation aus Gagat entweichen, sind außerordentlich groß und erinnern an das Verhalten von Kannelkohle oder ähnlicher Saponthrakone, überhaupt an das Verhalten von fossilen Sapropelbildungen. Nach SPÄTE (Die Bituminierung, Berlin 1907, S. 66) stellt sich das Verhältnis von H zu C im Gagat, C = 100 gesetzt, auf

7.29—8.84 Prozent. Bei rezenten und fossilen Sapropelbildungen erhält man, für C = 100, 11—14 Prozent H (nach Stremme, Zeitschr. Deutsche Geol. Ges. Monatsber. 1907, S. 161), bei Humusgesteinen (die also den Humifizierungs- oder Inkohlungsprozeß durchgemacht haben und bei denen sich C auf Kosten von H je länger, je mehr anreichert) 4—5 Prozent H, wobei die känozoischen Materialien außer Acht gelassen sind, die ja für unseren Gagat nicht in Frage kommen.

Der Gagat hält also in seinem chemischen Verhalten zwischen echten Sapropelbildungen und Humusbildungen die Mitte. Bei seiner Entstehung sind die beiden Prozesse der Bituminierung und Inkohlung tätig gewesen. Daß beim Gagat der Inkohlungsprozeß wirksam war, leuchtet unschwer ein, da er ursprünglich Holz war. Unter gewöhnlichen Umständen wird ja Holz nur den Inkohlungsprozeß durchmachen; solche dichten, inkohlten Holzstücke kennen wir ja aus der Braunkohlenformation und dem Mesozoikum genug, die sich aber weder in ihrem physikalischen noch chemischen Verhalten mit dem Gagat decken. Hier weisen aber die chemische Beschaffenheit und der Bitumengehalt des umgebenden Gesteins darauf hin, daß außer der Holzsubstanz noch Bitumina in dem Gagat enthalten und in das Holz eingedrungen sind.

Dies letztere läßt sich nun in der Tat auf ganz andere Weise als durch die chemische Analyse und den Vergleich mit Sapropel- und Humusbildungen sehr wahrscheinlich machen. Im Posidonienschiefer spielten Konzentrationsvorgänge im Gestein eine hervorragende Rolle; die Knollen mit den eingeschlossenen Fossilien zeugen davon, daß viel von den mehr oder weniger leicht wasserlöslichen Mineralbestandteilen des Posidonienschiefers an den heterogenen Bestandteilen im Hüllgestein niedergeschlagen wurde; besonders Kalkspat und Eisenverbindungen spielen hier eine Rolle. Ob die Niederschlagszentra Fossilien oder Gagat oder andere Dinge waren, ist ja für diese Vorgänge gleichgültig. Uns interessiert hier speziell, daß auch der Gagat zu solchen Konzentrationszentren gehörte. Man könnte daran denken, daß auch die Sapropelbestandteile oder später die schon fertigen Bitumina von den Konzentrationsvorgängen mitbetroffen und attrahiert worden sind. Tatsächlich läßt sich eine solche Konzentration von Bitumen um den Gagat herum aufzeigen. Schon S. 222 hatte ich den stark bituminösen Kalk erwähnt, der dem Gagat häufig unmittelbar angelagert ist. An diesen schließt sich meist eine ebenfalls stark kalkhaltige, aber feiner krystallinische Partie in den Knollen an. Dann folgt, wenn nicht etwa noch eine durch viel Pyrit ausgezeichnete Zone kommt, die uns hier nicht interessiert, der eigentliche Jetrock

als Hüllgestein. Wie die Analyse zeigt, enthält der Jetrock selbst 5.40 Prozent Bitumen[1] (SPÄTE, a. a. O. S. 66). Hr. Dr. WINTER, Chemiker und Lehrer an der Bochumer Bergschule, der die Freundlichkeit hatte, für mich einige Analysen auszuführen, wofür ihm auch an dieser Stelle gedankt sei, fand bei dem zuletzt genannten feinen krystallinischen Kalk 25 Prozent Bitumen, bei dem vorher genannten stark bituminösen Kalk am Gagat 46 Prozent, während der Gagat selbst etwa 90 Prozent organische Substanz enthält. Wenn wir den Gagat zunächst selbst außer acht lassen, der ja auch ohne hinzugekommenes Bitumen einen sehr hohen Gehalt an organischer Substanz aufweisen würde, so erhalten wir für die anderen genannten Materialien die Folge:

1. Jetrock .... 5.4 Prozent organische Substanz,
2. weniger bituminöser, feiner krystallinischer Kalk .... 25 » » »
3. stark bituminöser Kalk am Jet 46 » » »

Man sieht die Steigerung des Bitumens nach dem Jet hin sehr deutlich. Wir gehen kaum fehl in der Annahme, daß das Jetholz eine erhebliche Quantität Bitumen in sich aufgenommen hat; bei der Fossilisierung liefen dann Inkohlung und Bituminierung nebeneinander her.

Daß bei der Bildung des Gagats tatsächlich Konzentrationsvorgänge tätig gewesen sind, lehren ferner einmal Stücke, bei denen das Zentrum des Holzes echt versteint, die äußeren Partien gagatisiert sind, und zweitens der verschiedene Gehalt der Gagatstücke an mineralischen Bestandteilen. So z. B. enthält nach SPÄTE (a. a. O. S. 66) ein Gagatstück 85.97 Prozent organische Substanz, ein anderes 95.35 Prozent, also fast volle 10 Prozent mehr; man kann dies kaum auf Rechnung von etwas anderem als sekundär eingedrungener Mineralbestandteile setzen, die durch konkretionäre Attraktion oder Konzentration hineingekommen sind.

Es fragt sich nun noch, ob das in den Gagat zugewanderte Bitumen als solches oder bereits vor der Bituminierung als Sapropelmasse hineingedrungen ist. Mir erscheint das letztere näherliegend, wiewohl bezüglich dieses Vorgangs manches unklar bleiben mag. Immerhin ist soviel klar, daß in das Holz, solange es noch nicht kollabiert war, beträchtliche Mengen Sapropelmasse eindringen konnten, die in den zahlreichen Zellhohlräumen Platz hatte; später kollabierte

[1] Es sei hier gestattet, die ganze organische Substanz einmal als Bitumen anzuführen; ein Fehler entsteht in unserem Falle dabei kaum, da es sich, wie gleich ersichtlich, nur um Verhältniszahlen handelt.

dann Holz und Sapropelmasse. Vielleicht können wir uns diese Sapropelmengen als in kolloidaler Lösung befindlich gewesen vorstellen.

Wenn die Gesteine aber erst fertige Bitumina, Endprodukte des Bituminierungsprozesses, enthalten, sind sie schon so weit vom Wasser befreit, daß ein Holz, das den dem Gagatprozeß vorausgehenden Zersetzungs- und Erweichungsprozeß durchgemacht hat, längst zu einer kompakten Masse zusammengeschrumpft wäre, in die überhaupt nichts mehr hineingeht, weder Bitumen, noch Sapropel, noch Mineralbestandteile. Alle Konzentrationsvorgänge im Gestein können nur vor sich gehen, solange das Gestein eine solche Beschaffenheit hat, daß die Minerallösungen usw. ungestört im Gestein diffundieren können, müssen also vor der Umwandlung in ein eigentliches festes Gestein beendet sein, während die Bituminierung — bei Humusgesteinen die Inkohlung — auch nach der Gesteinswerdung weitergehen. Der Gagatprozeß würde folglich damit beginnen, daß die noch nicht zusammengesunkenen Hölzer Sapropelmasse aufnehmen und mit dieser später verschrumpfen, worauf dann der Inkohlungsprozeß und Bituminierung einsetzen.

Wir sehen also, daß der Bitumengehalt des Hüllgesteins eine wesentliche Rolle bei der Gagatisierung von Hölzern spielt. Gagat ist ein vor und vielleicht noch nach der Einbettung in weichschlammigen Sapropelit zersetztes und stark erweichtes Holz, das — als Holz — die Inkohlung und — vermöge der aufgenommenen Sapropelbestandteile — den Bituminierungsprozeß durchgemacht hat, wobei immer eine sehr starke Schrumpfung nebenhergeht.

Betrachtet man umgekehrt Holzstücke aus nicht bituminösen Gesteinen, denen man an ihrer Dichtigkeit ansieht, daß sie ebenfalls stark zersetzt und erweicht waren, so bemerkt man, daß diese niemals Gagat sind. Sie sind brüchiger, der Glanz ist anders, das chemische Verhalten das von Humusgesteinen[1]. Es fehlt ihnen eben das, was dem Gagat seine Eigentümlichkeit verleiht, der Bitumengehalt; die Umsetzungen, die die Holzmasse solcher Stücke durchgemacht hat, fallen in das Gebiet des reinen Inkohlungsprozesses. Es möge schließlich nicht unterlassen sein, zu erwähnen, daß wir nunmehr rücksichtlich der Entstehung des Gagats zu einer ähnlichen

---

[1] Hierher gehört jedenfalls auch der »soft jet« der Engländer, von dem Phillips (Illustration of the geology of Yorkshire. Pt. I, 3rd edition by R. Etheridge 1875 S. 185) sagt: »'Soft jet' of less firm texture, is obtained from the sandstones and shales of the oolitic series«, also aus Schichten, deren Gesteine nicht bituminös sind. Demnach wäre »soft jet« gar nicht als »Jet« zu betrachten.

Annahme gekommen sind, wie Parkinson vor etwa hundert Jahren. In seinem bekannten Buch: Organic remains of a former world 1811, Bd. I, S. 155 sagt er vom Jet: It may be considered as possessing the intermediate place between the purer bituminous matters and coals; wenn auch die weiteren Ausführungen dieses Autors große Unsicherheit und Unklarheiten zeigen, ist er doch in dem obigen Satz im Prinzip unserem jetzt erreichten Resultat ziemlich nahe gekommen.

Ausgegeben am 27. Februar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
XI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

27. Februar. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

*1. Hr. Schmidt las über »Drei ungedruckte Dictathefte aus Wieland's Züricher Hauslehrerzeit«, vornehmlich die Theorie und Geschichte der Poesie und im besondern Hinblick auf die Würdigung Shakespeares.

2. Hr. Pischel legte eine Abhandlung des Hrn. Dr. Hermann Beckh in Berlin vor: Beiträge zur tibetischen Grammatik, Lexikographie, Stilistik und Metrik. (Anh. z. d. Abh.)

Die Abhandlung bildet den dritten Theil der im Anhang zu den Abhandlungen vom Jahre 1906 erschienenen Arbeit: Die tibetische Übersetzung von Kālidāsas Meghadūta. Der zweite Theil ist unter dem Titel: Ein Beitrag zur Textkritik von Kālidāsas Meghadūta als Inaugural-Dissertation Berlin 1907 veröffentlicht worden. Der vorliegende dritte Theil verarbeitet das im ersten Theile beigebrachte neue tibetische Material in sprachlicher und metrischer Hinsicht.

3. Hr. Prof. Leonhard Schultze in Jena übersendet: »Zoologische und anthropologische Ergebnisse einer Forschungsreise im westlichen und zentralen Südafrika, ausgeführt in den Jahren 1903—1905 mit Unterstützung der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin«. Erster Band: Systematik und Tiergeographie. Lief. 1. Jena 1908.

Die Akademie hat das ordentliche Mitglied ihrer philosophischen Classe Hrn. Adolf Kirchhoff am 27. Februar durch den Tod verloren.

Der Drakensberg und der Quathlambabruch.

Von Albrecht Penck.

(Vorgetragen in der Sitzung am 13. Februar 1908 [s. oben S. 181].)

Das Burenhochland in Britisch-Südafrika setzt sich nach Osten mit einem gewaltigen Steilabfall gegenüber den tiefer gelegenen meernahen Gebieten von Zululand, Natal und Pondoland ab. Er ist so auffällig, daß er von den Eingeborenen einen eigenen Namen erhalten hat, dem wir vielfach auf unseren Karten begegnen, nämlich den des Quathlambagebirges. Die Burenbevölkerung Südafrikas hat ihn Drakensberg genannt.

In dem großen Gemälde, welches Eduard Suess[1] vom Antlitz der Erde entworfen hat, spielt jener Steilrand eine bedeutsame Rolle. Suess pflichtet Rehmamn[2] bei, wenn dieser das Quathlambagebirge auf einen großen Bruch zurückführt, und zeigt an der Hand von Griesbachs[3] trefflicher geologischer Schilderung von Natal, daß es hier von flachgelagerten Karruschichten gebildet wird, welche gegen die See hin ausstreichen, aber an der Küste wiederkehren: »Hieraus geht hervor, daß die Karruablagerungen sich einst viel weiter gegen Ost ausdehnten, und daß die Schollen an der Meeresküste abgesunken sind an einem oder mehreren großen Brüchen. Aber die heutigen Abhänge der Quathlamba sind nicht die Bruchfläche (Bd. 1 S. 508).« Die Umrisse der Ozeane schildernd (Bd. 2 S. 259), nennt Suess den Quathlambabruch abermals, um darzutun, daß der Indische Ozean ebenso wie der Atlantische den durch Abbrüche verursachten Küstentypus zeige. Ein drittes Mal endlich kommt er auf das Quathlambagebirge im Schlußkapitel des zweiten Bandes zurück, in welchem er seine bekannten Ideen über den Zusammenbruch der Erdkruste und die Entstehung zweier großer Ozeane durch Einbruch entrollt: »Die pflanzenführenden, gewiß nicht im Meere gebildeten Gondwanaschichten blicken mit offenem Bruche, z. B. an den Quathlambabergen, gegen das Meer hinaus.

[1] Eduard Suess, Das Antlitz der Erde. Bd. I, 1885. Bd. II, 1888.

[2] A. Rehmann, Das Transvaalgebiet des südlichen Afrika in physikalisch-geographischer Beziehung. Mitteil. k. k. geogr. Gesellsch. XXVI. Wien 1883, S. 257 (326).

[3] Ch. L. Griesbach, On the Geology of Natal. Quart. Journ. Geolog. Soc. London XXVII, 1871, S. 53.

Niemals hat man auf der Höhe des weiten südafrikanischen Tafellandes Spuren des Meeres gefunden, und man begreift nicht, wie es sollte aus dem Meere emporgehoben sein.« So stützt SUESS seine Annahme, daß der Indische Ozean eingebrochen sei, ganz wesentlich mit auf den Quathlambabruch und gelangt zu der Ansicht, daß die keilförmig sich zuspitzenden Festlandenden in Vorderindien und Südafrika den Charakter von Horsten tragen.

Die Ansicht von SUESS hat viel Beifall gefunden, aber nur selten ist versucht worden, sie weiter zu stützen. Kürzlich ist solches durch PASSARGE[1] in seiner »Landeskunde von Südafrika« geschehen. Er weist darauf hin, daß längs der Ostküste von Südafrika große vulkanische Eruptionen erfolgt seien, so namentlich in den Lebombobergen, im Zululande und in den Bergen des Basutolandes. Die Staffelbrüche, welche den Umriß des Landes bestimmten, sollten Hand in Hand mit vulkanischen Eruptionen gegangen sein, und letztere sollten mit den Randbrüchen indirekt in Verbindung stehen. Wie und wo allerdings diese Randbrüche verlaufen, sagt PASSARGE nicht; er beschränkt sich nur, zu erwähnen, daß sie häufig nachgewiesen worden sind.

Auf diese letztere Frage erhält aber auch hinsichtlich des Drakensberges derjenige keine Antwort, welcher die neuere geologische Literatur über Südafrika einsieht. Diese Literatur hat im Laufe der letzten zehn Jahre einen bedeutenden Umfang und ansehnliche Tiefe erhalten. Das Vorkommen von Diamanten im Kaplande, von Gold in Transvaal hat der geologischen Erforschung des britischen Südafrika mächtige Impulse gegeben. Bereits 1895 wurde in Johannesburg eine sehr tätige geologische Gesellschaft begründet. Gleichzeitig wurde eine geologische Aufnahme des Kaplandes organisiert, welche, nunmehr unter der Leitung von A.W. ROGERS stehend, bereits zehn äußerst wertvolle Jahresberichte erstattet hat. 1897 wurde eine geologische Aufnahme der südafrikanischen Republik von G. A. F. MOLENGRAAFF begonnen. Der Bericht über seine Arbeiten des Jahres 1898 ist das letzte Druckwerk, das aus der republikanischen Staatsdruckerei im Jahre 1900, also während des Krieges, hervorgegangen ist. 1899 endlich begann eine geologische Aufnahme von Natal unter der Leitung von W. ANDERSON, und ist diese auch bereits im Jahre 1905 zu einem hoffentlich nur vorübergehenden Abschlusse gelangt, so hat der Krieg, welcher um die Jahrhundertwende Südafrika erschütterte, die Arbeiten der geologischen Aufnahme des Kaplandes nicht einmal unterbrochen, und nur bedingt, daß dieselben von Westen her eine

---

[1] S. PASSARGE, Südafrika. Eine Landes-, Volks- und Wirtschaftskunde. Leipzig 1908, S. 66.

Zeitlang in die vom Kriege verschont gebliebenen östlichen Teilen der Kolonien verlegt wurden, so daß wir gerade über die Abfallregionen des Drakensberges von seiten der Kapgeologen wichtige Aufschlüsse erhalten haben. Nach dem Kriege wurde die geologische Aufnahme von Transvaal neu organisiert und der Leitung von Kynaston unterstellt. In streng systematischer Weise ist dieselbe an die Herstellung einer geologischen Karte von ganz Transvaal in großem Maßstabe gegangen und hat namentlich das Gebiet des nördlichen Drakensberges näher untersucht, über dessen Abfall und Vorland wir erst kürzlich in dem Berichte der Aufnahme für 1906 treffliche Darstellungen erhalten haben. Wir sind daher heute in der Lage, den geologischen Bau des Drakensberges auf Grund der Literatur viel eingehender kennen zu lernen, als dies Suess bei Abfassung der einschlägigen Kapitel seines klassischen Werkes möglich gewesen ist, zumal da wir auch seit Erscheinen der einschlägigen Bände des Antlitzes der Erde eine Reihe zusammenfassender Darstellungen über Südafrika erhalten haben. Bereits 1888 hat A. Schenck in grundlegender Weise die Entwicklung von Südafrika behandelt[1]. 1901 hat sodann G. A. F. Molengraaff die Ergebnisse seiner Forschungen zu einer ganz ausgezeichneten Geologie von Transvaal zusammengefaßt[2], von der 1904 eine mannigfach bereicherte englische Übersetzung erschienen ist[3]. 1905 hat A. W. Rogers eine kurze, aber ungemein inhaltreiche Geologie des Kaplandes veröffentlicht[4], und F. H. Hatch hat im Verein mit G. S. Costorphine in übersichtlicher Weise die Geologie von ganz Südafrika behandelt[5]. Diesem Gegenstand hatte schon ein Jahr vorher Passarge[6] in seinem ebenso groß angelegten wie weitschauend durchgeführten Werke über die Kalahari mehrere Kapitel gewidmet.

Mir persönlich wird eine Darstellung des Drakensberges ganz wesentlich dadurch erleichtert, daß ich selbst im September und Oktober 1905 Gelegenheit hatte, anläßlich des Besuches der British Association in Südafrika an zwei Stellen den Abfall des Drakensberges zu sehen. Ich nahm an den Exkursionen, welche die HH. Molengraaff und Anderson in dem Distrikt von Vryheid und Hall nach Devils Kontor führten, teil. Nach Abschluß der Versammlung

---

[1] A. Schenck, Die geologische Entwicklung Südafrikas. Peterm. Mitt. 1888, S. 225.

[2] G. A. F. Molengraaff, Géologie de la république sud-africaine du Transvaal. Bull. Soc. géolog. de France (4) I, 1901, S. 13.

[3] G. A. F. Molengraaff, Geology of the Transvaal. Translated by Ronaldson. Johannesburg 1904.

[4] A. W. Rogers, An Introduction to the Geology of Cape Colony. London 1905.

[5] F. H. Hatch and G. S. Costorphine, The Geology of South Africa. London 1905.

[6] S. Passarge, Die Kalahari. Versuch einer physisch-geographischen Darstellung der Sandfelder des südafrikanischen Beckens. Berlin 1904.

hatte ich dann ferner Gelegenheit, unter der Führung von WILLIAM ANDERSON weitere Teile von Natal zu besuchen. An sich würden derartige kurze Exkursionen wohl kaum genügen, zu einem tieferen Verständnis des geologischen Baues eines so großen Gebietes zu gelangen. Allein unter der ausgezeichneten Führung, die ich genoß, und unter der mannigfaltigen Aussprache mit meinen Reisegefährten lenkte sich der Blick immer aufs neue auf die weiteren Probleme, welche mit den besuchten Gebieten im Zusammenhang stehen, und manche sich aufdrängende Frage wurde bereitwilligst von den ausgezeichneten Führern beantwortet, wobei auch damals noch unveröffentlichte Beobachtungen zur Sprache kamen, so daß ich bald nach meiner Rückkehr bereits in einem Vortrage[1] auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte eine Reihe von Problemen streifen konnte, die nunmehr nach Publikation jener Beobachtungen eingehender erörtert werden können.

Der Drakensberg ist kein einheitliches Gebilde. Der Name wird dem Abfall des Hochlandes gegen Osten gegeben, wie auch dieser Abfall beschaffen sei; er knüpft sich weder an eine bestimmte geologische Struktur noch an bestimmte Gesteine. Zwei Gebiete sondern sich scharf voneinander. Im Süden sind es ausschließlich Schichten der Karruformation, welche sich an seiner Zusammensetzung beteiligen, und er bildet hier die scharf ausgesprochene Wasserscheide zwischen dem Oranje und seinem Zuflusse, dem Vaal, auf der einen und den zahlreichen, zum Indischen Ozean herabeilenden Flüssen von Ostgriqualand nebst Pondoland, von Natal und Swaziland auf der andern Seite. Im Norden besteht der Drakensberg aus den kambrischen oder präkambrischen Schichten des Transvaalsystems, und hier bildet er keine Wasserscheide, sondern wird durchbrochen sowohl von den Quellflüssen des Komatiflusses als auch von dem Olifantflusse. Nur den südlichen Drakensberg hat SUESS bei seinen Darlegungen über das Quathlambagebirge im Auge; wir wollen daher zunächst ihn betrachten.

Die geologische Schilderung, welche GRIESBACH 1871 von Natal gegeben hat, erweist sich auch heute noch, ebenso wie für die ganze Kolonie, für den südlichen Drakensberg zutreffend. Er stellt ihn als eine Aufeinanderfolge von Schichtstufen dar, gebildet von den widerstandsfähigen Gliedern, insbesondere Diabaseinschaltungen, in den mächtigen flach westwärts fallenden Karruschichten, welche einem Sockel älterer Gesteine auflagern. Einen Quathlambabruch verzeichnet

[1] A. PENCK, Südafrika und Sambesifälle. Verhandlungen d. Gesellsch. Deutscher Naturforscher u. Ärzte. LXXVIII. Stuttgart 1906, I, S. 147. HETTNERS Geographische Zeitschrift. XII, 1906, S. 601.

Griesbach nicht. Andersons[1] Untersuchungen haben die Richtigkeit dieses Profils in großen Zügen bestätigt; ihm ist gelungen, die mächtige Folge von Karruschichten in eben dieselben Abteilungen zu zerlegen, welche im Kaplande unterschieden worden sind. Der westlich von Pietermaritzburg im Giants Castle, Cathkin Peak und im Mont-aux-Sources mehr als 3000 m erreichende Drakensberg wird — vgl. Profil III Durban-Parys S. 257 — aus den Stormbergschichten aufgebaut, welche die obersten, möglicherweise schon in den unteren Jura gehörigen Karrubildungen darstellen. Darüber breiten sich außerordentlich mächtige basische Ergußgesteine, die Mandelsteinlaven[2]. Der 1000—1500 m hohe Steilabfall, den Rehmann auf eine Verwerfung zurückführte, wird aus diesen durchweg flach gelagerten Gesteinen gebildet. Weithin kann man auf Photographien schneebedeckte Schichtbänder verfolgen, deren horizontaler Verlauf durch keinerlei Verwerfung unterbrochen wird. Vor dem Steilabfall erstreckt sich ein breiter Gürtel von Vorbergen; er besteht aus den beiden unteren Abteilungen der Karruschichten, den mutmaßlich triasischen Beaufortschichten und den permischen Eccaschichten. Ihre genauere Abgrenzung ist bisher noch nicht möglich gewesen, doch ist nach Anderson das Vorhandensein der ersteren durch Wirbeltierreste, das der letzteren durch die Glossopterisflora sicher gestellt. Mellor[3] zweifelt aber, ob diese Flora als ausschließlich charakteristisch für die Eccastufe gelten darf. Sehr mächtige Intrusivlager von sogenanntem Dolerit kommen in beiden Schichtgliedern vor und drängen stellenweise, wie z. B. um Ladysmith und am Inhluzaniberge, die Sedimente stark zurück. Wo sie auftreten, gibt es stufenförmige Abfälle; alle Gipfel des Vorberggürtels, die sich wiederholt bis rund 2000 m Höhe erheben, knüpfen sich an injizierte Doleritmassen. Die Basis der Karruschichten wird, wie fast allenthalben in Südafrika, von dem sogenannten Dwyka-Konglomerat gebildet, der verfestigten Grundmoräne der permokarbonen Vergletscherung. Der Name Konglomerat ist ein durchaus unpassender, denn die Ablagerung besteht nicht aus verkitteten Rollsteinen, und hat nicht die mindeste Ähnlichkeit mit dem deutschen Rotliegenden oder der subalpinen Nagelfluh. Sie gleicht vielmehr durchaus einem festgewordenen Geschiebelehm oder Till. Ich habe daher das Gestein Tillit genannt. Der Dwyka-Tillit Natals tritt in sehr wechseln-

---

[1] W. Anderson, The Geology of the Drakensberg Mountains. III. Ann. Report Geolog. Survey of Natal and Zululand. 1907, S. 153.

[2] F. F. Churchill, Notes on the Geology of the Drakensbergen, Natal. Transact. Philos. Soc. South Africa. X, 1899, S. 419.

[3] E. T. Mellor, The Position of the Transvaal Coal-Measures in the Karroo Sequence. Transact. Geolog. Soc. South Africa. IX, 1906, S. 97.

der Mächtigkeit auf und planiert dadurch die gelegentlich, wie es scheint, recht ansehnlichen Unebenheiten seiner Unterlage, die unter ihm an verschiedenen Stellen deutliche, meist gegen Süden gerichtete Gletscherschliffe zeigt.

Insgesamt dürfte sich die Mächtigkeit der geschilderten Karruschichten auf 2000—3000 m belaufen. Sie ruhen einem Sockel von paläozoischen Schichten auf, welcher, 1000 m Höhe nur selten überschreitend, die Küstenvorstufe des Drakensberges bildet. Es handelt sich hier um einen Sandstein ähnlich dem des Tafelberges bei der Kapstadt; er wird als Tafelbergsandstein bezeichnet und zum Silur gestellt. Diskordant unter ihnen heben sich archaische Gesteine und Granite hervor. Im großen und ganzen bildet der Tafelbergsandstein mitsamt seiner alten Unterlage in der Küstenvorstufe eine flache Antiklinale. Im Westen fällt er unter die Karruschichten ein, im Osten biegt er zum Meere hinab, so daß die alten Gesteine namentlich in der Mitte des Streifens zutage treten; hier aber spannt sich häufig über sie noch eine dünne Lage von Tafelbergsandstein hinweg.

Dort nun, wo letzterer im Osten sich zum Indischen Ozean abbiegt, stellen sich über ihm oder auch unmittelbar über dem liegenden Granit wieder Karruschichten ein, der Dwyka-Tillit mit den hangenden Eccaschiefern, und beide fallen ebenso wie ihre Unterlage meerwärts unter einem Winkel von meist mehr als 10° ein. Diese Vorkommnisse hat ED. SUESS im Auge, wenn er von Karruschollen spricht, die an einem oder mehr großen Brüchen an der Küste von Natal abgesunken seien. Auch PASSARGE findet, daß der Aufbau aus Staffelbrüchen hier deutlich ist (S. 110). Aber ein Bruch liegt hier nicht vor; es findet sich vielmehr eine ganz klar ausgesprochene Flexur. Dieser Flexur der unteren Karruschichten auf der Ostseite der Antiklinale in der Küstenvorstufe entspricht auf der Westseite ein sanftes Abfallen derselben Schichten von ihr, was auf dem von GRIESBACH gegebenen Profile besser hervortritt als auf einem von ANDERSON[1] mitgeteilten, in der Natur aber unverkennbar ist; denn der Dwyka-Tillit, der bei Camperdown (761 m) unter die Eccaschiefer eingesunken ist, liegt 20 km weiter westlich bei Pietermaritzburg (678 m) bereits unter der Talsohle; wir haben also ein Mindestgefälle von 4 Promille nach Westen. Die antiklinale Schichtstellung beherrscht also nicht bloß den wahrscheinlich silurischen Tafelbergsandstein Natals, sondern auch die hangenden unteren Karruschichten, sie ist daher jünger als die letzteren. Das Westfallen der Karruschichten läßt sich bis in den

[1] W. ANDERSON, Ideal Section from the Bluff to Pietermaritzburg. I. Rep. Geolog. Survey of Natal and Zululand. 1902, Taf. XIV.

Drakensberg hinein verfolgen; welches Fallen die weiter westlich gelegenen Karruschichten der Hochflächen der Orange-River-Kolonie haben, ist ebenso unbekannt wie deren Gliederung. Sicher ist nur eines, daß sich unweit des Vaalflusses der Dwyka-Tillit mit seiner Unterlage von älteren Gesteinen wiederum sanft hervorhebt. Das geschieht, wie sich aus der Karte von Hatch[1] entnehmen läßt, in etwa 1400 m Höhe. Es muß also irgendwo in der Tiefe unter dem Drakensberg oder unter der benachbarten Hochfläche das westliche Fallen der Dwyka-Ablagerung aufhören und durch ein sanftes Ostfallen ersetzt werden. Hiernach dürfen wir das Drakensberggebiet ebenso als eine sehr flache Synklinale ansehen wie das Gebiet der Küstenvorstufe als flache Antiklinale.

Sicher haben sich die oberen Karruschichten des Drakensberges und seiner Vorstufen einst weiter ostwärts erstreckt als heute, denn sie brechen allenthalben an Erosionsrändern ab. Wie weit sie gereicht haben, wissen wir nicht; wenn sie sich aber je bis an die Gestade des heutigen Indischen Ozeans ausgedehnt haben sollten, so müßten sie von hier bereits vor der jüngeren Kreideperiode gänzlich abgetragen worden sein, denn an der Küste hat ein auf dem Durbanbluff angesetztes Bohrloch in geringer Tiefe obere Kreideschichten angetroffen, die in 239 m Tiefe unmittelbar auf Eccaschichten lagern[2].

Weiter südlich, an der Grenze von Natal und dem Kapland, liegen die Dinge ähnlich wie im besprochenen Profile (vgl. Profil IV Umtamvuna-Bloemfontein S. 257). Nur ist der Steilrand des Drakensberges im Matatielegebiete nicht so hoch; er steigt im Ongeluks Nek nur auf etwa 2700 m Höhe an. Um so kräftiger entfalten sich die Vorstufen der Beaufort- und Eccaschichten dank dem Auftreten wahrer Stöcke von Dolerit; sie kommen an Höhe dem Drakensberge in der Umgebung von Kokstad ziemlich nah; stark verschmälert ist die Küstenvorstufe, die von Anderson[3] untersucht worden ist. Sie stellt sich als ein Plateau von Tafelbergsandstein mit einem Granitfuße dar; letzterer wird auf weite Strecken vom Ozeane bespült, an anderen aber biegen sich Tafelbergsandsteinschichten, stellenweise bedeckt mit Dwyka-Tillit, dem Eccaschiefer aufsitzen, seewärts ab; so ist es in der Nähe der Umzimkulu-Mündung bei Port Shepstone. Westwärts aber lagert dem Tafelbergsandsteinplateau allenthalben Dwyka-Tillit auf. Es ist also nicht deutlich, ob die Küstenvorstufe

---

[1] Fr. Hatch, A Geological Map of the Southern Transvaal. London 1903.

[2] W. Anderson, On the Geology of the Bluff Bore. Durban, Natal. Transact. Geolog. Soc. South Africa. IX, 1907, S. 111.

[3] W. Anderson, The Geology of Alfred County, Natal. III. Rep. Geolog. Survey of Natal and Zululand. 1907, S. 105.

hier ebenso antiklinalen Bau aufweist, wie weiter nordwärts, aber das Abbiegen der Tafelbergsandsteinschichten mitsamt dem Tillit und den Eccaschiefern ist an vielen Stellen zweifellos. Weiter gegen Süden wird die Küstenvorstufe schmaler und schmaler; Rogers und Schwarz[1] haben geschildert, wie sie schließlich wenig südwestlich von Port Grosvenor am Waterfall Bluff durch eine ostwestlich streichende Verwerfung abgeschnitten wird; weiter gegen Südwesten hebt sich sodann an der Mündung des Umzimvubu bei Port St. Johns abermals ein Streifen Tafelbergsandstein hervor, welcher von zwei ostwestlich streichenden Verwerfungen begrenzt wird; dann ist unsere Küstenvorstufe endgültig verschwunden. Zwischen Grosvenor und St. Johns treten die unteren Vorbergschichten des Drakensberges, der Dwyka-Tillit mit hangenden Schichten unmittelbar an die See, zu der sie sich deutlich herabbiegen. Weiter südlich aber treffen wir im Gebiete von Kentani die beiden langgedehnten, ostwestlich streichenden, weithin zu Talzügen ausgewitterten Dioritgänge der Transkei Gap, die Rogers und Schwarz[2] näher kennen gelehrt haben. Dieselben sind jünger als die mächtigen Lagergänge von Dolerit in der dortigen Gegend, und verknüpfen die ostwestlich streichenden Brüche, welche die Küstenvorstufe von Natal abschneiden, mit den ostwestlich streichenden Kapfalten, die bei Port Elizabeth ins Meer hinauslaufen.

Über den mehr als 1000 m hohen Steilabfall des Drakensberges des Matatielegebietes hat uns E. H. L. Schwarz[3] unterrichtet. Wir treffen hier dieselbe Schichtfolge wie westlich Pietermaritzburg. Mächtige basaltische Mandelsteinlaven krönen ihn hier wie da, darunter lagern die Bank des Höhlensandsteines und die roten Schichten, schließlich die Moltenosandsteine als unterstes Glied der Stormbergschichten. Stellenweise setzt der Höhlensandstein aus, und es kommen die Mandelsteinlaven unmittelbar auf die roten Schichten zu liegen; es fehlt also auch hier nicht das Anzeichen einer Diskordanz zwischen den obersten Partien der Stormbergschichten, deren auch

---

[1] A. W. Rogers and E. H. L. Schwarz, General Survey of the Rocks in the southern part of the Transkei and Pondoland, including a description of the Cretaceous Rocks of Eastern Pondoland. (VI.) Annual Rep. Geol. Comm. Cape of Good Hope. 1901 (1902), S. 23.

[2] A. W. Rogers and E. H. L. Schwarz, The Geological Survey of the Division of Kentani. Ebenda S. 48. The Transkei Gap. Transact. South African Philos. Soc. XIV, 1903.

[3] E. H. L. Schwarz, Report on Part of the Matatiele Division, with an Account of the Petrography of the Volcanic Rocks. (VII.) Ann. Rep. geol. Commiss. Cape of Good Hope. 1902 (1903), S. 11. The Volcanoes of Griqualand East. Trans. South Afric. Philos. Soc. XIV, 1903.

Anderson aus seinem weiter nördlich gelegenen Gebiete gedenkt. Sehr wichtig ist, daß die Mandelsteinlaven teilweise mit Eruptionsschloten in Verbindung stehen. Schwarz zählt deren 19 auf, welche größtenteils mit Schlacken sowie von oben in sie hineingelangten Trümmern erfüllt sind. Diese 19 Schlote liegen auf einer ungefähr südwestlich (genauer S 60° W) streichenden Zone, welche gerade am Fuße des Steilabfalles vom Drakensberg entlang läuft. Bei dieser Situation darf nicht ohne weiteres darauf geschlossen werden, daß hier eine südwestlich streichende Vulkanlinie vorliegt, zumal da einige Schlote in einer nordsüdlich streichenden Linie angeordnet sind, die sich möglicherweise unter den hangenden Laven weit nach Basutoland hinein fortsetzt. In der Tat hat du Toit[1] in den an das Basutoland südwärts angrenzenden hochgelegenen Teilen des Kaplandes eine ziemlich unregelmäßige Verteilung der Vulkanschlote nachgewiesen. Aber im großen und ganzen ordnen sich doch alle bisher bekannten Schlote des Drakensberggebietes einschließlich derjenigen, die Dunn bereits vor Jahren bei Jamestown und Molteno im Kapland aufgefunden hat, in eine allerdings ziemlich breite N 60° E streichende Zone. Überdies treten neben den Schloten des Matatielegebietes zahlreiche südwestlich streichende Gänge von Mandelsteinlaven auf, welche die Mandelsteinlavadecken gelegentlich durchschneiden. Wir haben es daher hier wohl mit einer Hauptvulkanlinie zu tun. Dieselbe läuft der Küste annähernd parallel; genau genommen bildet sie mit ihr einen Winkel von 15°. Ausdrücklich wird von Schwarz hervorgehoben, daß mit den Schloten keinerlei Verwerfungen verknüpft sind; sie sind einfache Durchschlagröhren, ähnlich den Kimberlitschloten bei Kimberley, aber mit weniger basischem, ja vielfach saurem Material erfüllt.

Über die Vorberge des Drakensbergs unseres Gebiets haben wir lediglich kurze Notizen von Anderson[2] erhalten. Dieselben reichen aber durchaus hin, daß von einem großen Quathlambabruche hier ebenso wenig die Rede sein kann wie weiter im Norden; nirgends werden z. B. die Gesteine, die den Abfall des Drakensbergs krönen, die Mandelsteinlaven und die leicht kenntlichen Höhlensandsteine, in tieferen Niveaus angetroffen; es gibt immer nur kleinere Störungen im Konnex mit Doleritintrusionen, doch bewirken diese kein Absinken größerer

---

[1] A. L. du Toit, Geological Survey of Aliwal North, Herschels Barkley East and Part of Wodehouse. IX. Ann. Rep. Geolog. Comm. Cape of Good Hope 1904 (1905), S. 71. The Forming of the Drakensberg. Transact. South African Philos. Soc. XVI, I, 1905, S. 53.

[2] W. Anderson, Geological Traverse from Pietermaritzburg via Richmond to the Umzinto District. II. Rep. Geolog. Survey of Natal and Zululand. 1904, S. 119. The Geology of Alfred County. III. Rep. 1907, S. 105.

Partien; gelegentlich hebt W. Anderson den Mangel an Brüchen ausdrücklich hervor, und am Schlusse seines Berichts über den Matatieledistrikt wendet sich Schwarz direkt gegen die Annahme, daß die Küstenumrisse durch Verwerfungen bedingt seien; er findet, daß sie besser durch die Annahme von Verbiegungen erklärt werden könnten. Am Abfalle der Drakensbergwände beobachtete Schwarz, daß die Stormbergschichten regelmäßig bergwärts, also gegen Westen fallen. Dieses westliche Fallen muß irgendwo weiter westlich östlichen weichen, denn es hebt sich in der Gegend von Kimberley die Basis der Karruablagerungen mit dem Dwyka-Tillit wieder hervor. Wie weiter im Norden hat das Gebiet des Drakensbergs mitsamt dem Basutolande und der Orange-River-Kolonie flach muldenförmigen Bau, der aber im einzelnen noch ganz unbekannt ist. Unser Profil IV S. 257 erhebt nicht den Anspruch, ihn in Einzelheiten richtig wiederzugeben.

Wie weiter im Norden werden sich auch in unserem Profile die oberen Karruschichten einst weiter nach Osten, in das Bereich der Vorberge, vielleicht sogar in das der Küstenvorstufe, erstreckt haben. Allein, wenn letzteres der Fall gewesen sein sollte, so müssen sie hier bereits vor der Kreideperiode, ebenso wie bei Durban, entfernt worden sein, denn auch hier finden sich an der Küste Schichten der oberen Kreide. Sie sind seit langem bekannt. Griesbach hat sie als Izinhluzabalungaschichten beschrieben. Heute heißen sie vielfach Umtamvunaschichten, nach dem Flusse, südlich dessen Mündung sie vorkommen. Sie lehnen sich hier an ein Steilufer von Tafelbergsandstein. Rogers und Schwarz schließen hieraus und aus der geradlinigen Erstreckung der Anlagerungsfläche, daß es sich um einen Bruch handelt; doch konnte sich Anderson[1] von der Existenz eines solchen nicht überzeugen. Nach ihm sind die weiter nordwärts an der Küste unweit der Mündung des Umpenyati auftretenden oberen Kreideschichten an das dortige Granitkliff regelmäßig angelagert.

Südlich von dem eben betrachteten Gebiete hört der Drakensberg auf. Der große nach Südosten gekehrte Steilabfall nimmt an absoluter und an relativer Höhe ab und biegt schließlich nach Westen hin um. Der Xalanga (2400 m) bezeichnet sein Westende, welches hier wie am Mont-aux-Sources genau mit dem der großen Mandelsteinlavadecke zusammenfällt.

Durch die fleißigen Untersuchungen von du Toit sind wir über dieses Gebiet besser unterrichtet als über irgend einen anderen Teil des Drakensberges. Der nach Südosten und Süden gekehrte Steil-

---

[1] W. Anderson, Cretaceous Rocks of Natal and Zululand. III. Rep. Geolog. Survey of Natal. 1907, S. 47.

abfall hat dieselbe Schichtenfolge, die wir bereits im mittleren Natal kennen gelernt haben: Unter den Mandelsteinlaven der Höhlensandstein, darunter die roten Mergel und tiefer bis in die Vorberge hineinreichend die Moltenoschichten, denen hier zahlreiche Doloritlager injiziert sind. Dann stellen sich die Beaufortschichten ein, die bis ans Meer reichen, wo sie von Rogers und Schwarz im Kentanigebiete näher kennen gelehrt worden sind. Die Lagerung ist durchweg eine flache. Hier und da kommt, allerdings meist in Verbindung mit Doleritinjektionen, die stellenweise ganz bedeutende Dicke erhalten, eine Verwerfung vor. Du Toit[1] erwähnt z. B. eine nordöstlich streichende Flexur gerade unter der Xalangaspitze, längs welcher die Schichten unter einem Winkel von 25° fallen. Aber er erwähnt ausdrücklich, daß diese Flexur nur 10 km Länge habe. Einen großen Quathlambabruch finden wir also auch hier nicht. Flach ist die Lagerung der obersten Karruschichten im Bereiche des vom Steilrande umrahmten Hochlandes. Du Toits Profile und Ausführungen lassen deutlich erkennen, daß es hier an irgendwelchen größeren Störungen fehlt: er bemerkt lediglich flache Wellungen. Nach Norden zu gegen den Oranje brechen die oberen Karruschichten mit einem ähnlichen Steilabfalle ab wie gegen Südosten und Süden. Der Steilabfall heißt eine Strecke lang Witteberge; er hängt mit dem des Drakensberges durch einen nach Westen gekehrten Steilabfall zusammen, an dessen Fuße der Waschbankfluß fließt. Dieser Steilabfall besteht lediglich aus den Mandelsteinlaven und dem Höhlensandstein, während sich der untere Teil des Drakensbergabfalles, bestehend aus den roten Schichten und den Moltenoschichten, im Steilrande der Stormberge weiter nach Westen hin fortsetzt. Nördlich von ihm heben sich bei Aliwal North am Oranje in 1630 m Höhe die obersten Beaufortschichten unter den Stormbergschichten hervor, die wir am Südfuße des Drakensberges in 1220 m Höhe bei Cala verlassen haben. Nach du Toits Profilen ist zwischen beiden Orten die Schichtlagerung im eigentlichen Drakensberggebiete flach muldenförmig.

Wir lenken unsern Blick nun nach Norden (Profil II St. Lucia Bai-Heidelberg S. 257). Das Aufhören der mächtigen Mandelsteinlava decke des Basutolandes in der Gegend des Mont-aux-Sources bezeichnet ein deutliches Herabschnellen in der Höhe des Drakensbergsteilabfalles. Rasch sinkt seine Oberkante unter 2000 m Höhe herab. Noch ist er, wie wir von Anderson[2] erfahren, bis in die Gegend von Harrysmith,

[1] A. L. du Toit, Geological Survey of Elliot and Xalanga, Tembuland. (VIII.) Ann. Rep. Geolog. Comm. Cape of Good Hope 1903 (1904), S. 169.

[2] W. Anderson, Introduction. I. Rep. Geolog. Survey of Natal and Zululand. 1902, S. 9.

wohin wir von Natal über den Van Reenens-Paß (1680 m) mit der Eisenbahn gelangen, von den obersten Strombergschichten gekrönt. Aber weiter nördlich scheinen diese auszusetzen, und dort, wo die Eisenbahn von Durban nach Johannesburg bei Volksrust (1655 m) die Wasserscheide zum Vaalgebiete überschreitet, sah ich weder die weißen Höhlensandsteine noch die darunter lagernden charakteristischen roten Schichten. Der über 2000 m hohe Majubaberg nahe dem Übergange knüpft sich hier an eine der äußerst zahlreichen Doleritinjektionen, die wir sowohl in den unteren Stormbergschichten als auch in den Beaufort- und Eccaschichten der Vorberge des Drakensbergabfalles kennen. Es senkt sich also auch hier im Norden die obere Kante des Drakensbergsteilrandes in tiefere geologische Horizonte herab, ganz ebenso, wie wir es im Süden bei den Stormbergen gesehen haben. Zugleich nimmt in den Verzamelbergen bei Wakkerstroom die Höhe des Steilrandes ganz bedeutend ab. Von seinem Ostfuße ziehen sich Karruablagerungen ununterbrochen bis zur Küstenebene des Zululandes herab, welche sich als selbständiger Zug in der Oberflächengestaltung des Landes nördlich von 29° S. einstellt. Dies geschieht aber nur auf den Höhen. Die großen Täler des weißen Umfolozi und Pongola schneiden daneben fast in ihrer ganzen Erstreckung ältere Gesteine, Granite und Babertonschichten an. Wir begegnen Kuppen dieser älteren Gesteine selbst bei Vryheid (1097 m hoch), und westlich Lüneburg reichen sie fast an den Fuß der Verzamelberge. Über diesem älteren Gestein beginnt die Serie der Karrubildungen, in der Regel mit dem Dwyka-Tillit, welcher gelegentlich in größerer Mächtigkeit auftritt, starke Unebenheiten seiner Unterlage ausgleichend. Darüber lagern zunächst kohlenfreie Schiefer und Sandstein, schließlich kommen kohlenführende Schichten, die bei Paulpietersburg in 1470—1480 m, am Abfalle des Hlobaneberges bei Vryheid in 1200—1300 m Höhe, am Gotsheberge in etwa 1050 m Höhe und schließlich im Somkele-(St. Lucia-) Kohlenfelde dicht an der Küstenebene in etwa 100—200 m Höhe auftreten. Molengraaff[1] war anfänglich geneigt, diese Kohlen in den Horizont der triassischen Stormbergschichten zu verweisen, doch hat er sie später in seiner trefflichen Geologie von Transvaal in einen tieferen Horizont, ungefähr in den der Beaufortschichten, versetzt; denn wir haben es hier, wie allgemein in Transvaal, mit Kohlen der Glossopterrisflora zu tun.

Das allmähliche Absinken der Karruschichten gegen Osten hin wird gelegentlich durch Verwerfungen unterbrochen. »Scheinbar«,

---

[1] G. A. F. Molengraaff, Skizze von der geologischen Beschaffenheit des Distrikts Vryheid. Geologische Aufnahme der südafrikanischen Republik. Jahresbericht für 1898. Pretoria 1900, S. 23.

schreibt Molengraaff, »sind diese Verwerfungen gelegentlich derart, daß jedesmal die näher nach dem Ozean gelegene Scholle mit Bezug auf die mehr landeinwärts befindliche herabgesunken ist.« Daneben kommen auch Verwerfungen der entgegengesetzten Art vor. Eine solche zeigte mir Hr. Molengraaff am Umkusiflusse. Dort ist der Ostflügel der Verwerfung längs eines Doleritganges um 50 m gegenüber dem Westflügel gehoben. Ähnliches wiederholt sich weiter östlich: da heben sich längs einer Verwerfung an dem Westfuße des Kezaberges die Gesteine der Karruunterlage in das Niveau der Karruschichten herauf, welche östlich davon sich rasch nach Osten senken. Unsere Verwerfung streicht aber nicht der Küste parallel, sondern beinahe in rechtem Winkel dazu, nämlich nordwestlich. Mannigfachen Unregelmäßigkeiten der Schichtlagerung begegnen wir endlich im Zululande. Nach den Untersuchungen von Anderson[1] haben wir es hier vor allem mit recht ansehnlichen Unebenheiten in der Unterlage der Karruschichten zu tun, welche beispielsweise in der Umgebung von Ulundi durch den Dwyka-Tillit keineswegs ausgeglichen werden. Andererseits haben wir es in diesem Gebiete aber auch zweifellos mit Verwerfungen zu tun. Auf Andersons zweiter Karte des Zululandes hebt sich beispielsweise das Granit- und Tafelsandsteingebiet von Hlabisa längs einer nordsüdlich streichenden Verwerfung der Karruschichten hervor, und zwar ist auch hier der seewärs gelegene Flügel der Verwerfung der gehobene, der landwärts gelegene der gesenkte. Doch kommt in seiner Beschreibung des Hlabisagebietes Anderson auf diese Verwerfung nicht wieder zurück und führt die Unregelmäßigkeiten der Lagerung hier lediglich auf Unebenheiten des Untergrundes zurück. Endlich setzen sich am Umhlatuzi die Karruschichten durch eine Verwerfung gegen einen Granitrücken ab, der sie von der Küste trennt; also auch hier ist der meerwärts gelegene Flügel der Verwerfung der gehobene und der landeinwärts gelegene der gesenkte. Unverkennbar ist schließlich, daß das Ostwärtsfallen der Karruschichten mit der Annäherung an die Küstenebene des Zululandes sich verstärkt. Schließlich biegen sich die Karruschichten unter einem Winkel von etwa 15°, stellenweise von 25°, zur Tiefe. Sie werden hier bedeckt von Mandelsteinlaven, welche Anderson von vornherein geneigt war, mit den Mandelsteinlaven des Basutolandes zu vergleichen. Auf diese Laven folgen hier

[1] W. Anderson, Report on the Reconnaissance Survey of Zululand. I. Rep. Geolog. Survey of Natal 1902, S. 37. Further Notes on the Reconnaissance Survey of Zululand. II. Rep. 1904, S. 37. Report on the Geology of the Melmoth District Zululand. Ebenda S. 129. The Geology of the Hlabisa and Somkele Districts Zululand. III. Rep. 1907, S. 131.

weiter solche von rhyolitischen Gesteinen, welche die Lebombokette zusammensetzen. Es biegt gleich den Karruschichten ihre Kappe von Ergußgestein gegen Osten ab; entsprechend dieser Abbiegung werden am unteren Umfolozi und unteren Pongola die archaischen Gesteine durch Karruablagerungen ersetzt.

In der Küstenebene des Zululandes herrschen, wie ANDERSON gezeigt hat, horizontal gelagerte Schichten der oberen Kreide in ziemlich ansehnlicher Verbreitung. Sie bilden dort, wo der Umfolozifluß aus dem Bereiche der Mandelsteindecken heraustritt, den Umkwelanehügel, und nach ANDERSONS Ansicht lagern sie sich weiter südlich am Umhlatuzi auf die kohlenführenden Karruschichten. Weiter nördlich aber fand ANDERSON am Fuße der Lebombokette eine kretazeische Strandbildung, in der auffälligerweise jedoch Rhyolithgerölle fehlen.

Überblicken wir das eben betrachtete Profil, so sehen wir, daß auch zwischen den Verzamelbergen und dem Zululande ein großer Quathlambabruch fehlt, daß aber hier einzelne Verwerfungen auftreten. Dieselben tragen jedoch nicht den Charakter von Staffelbrüchen: Wenn wir seewärts wandern, kommen wir beim Überschreiten der Brüche nicht auf jüngere Schichten, sondern mit einigen charakteristischen Beispielen jeweils auf ältere Schichten, und es geschieht das Absinken der Schichten nicht infolge des Einsetzens der Brüche, sondern in Gestalt einer allmählich gegen das Küstenland hin steiler werdenden Abbiegung. Flach muldenförmige Schichtlagerung, wie sie uns weiter im Süden im Bereiche des Drakensberges entgegentritt, ist hier nicht nachweisbar. Die Dwyka-Ablagerungen, die wir in der Abfallregion in etwa 1200 m Meereshöhe verlassen, treffen wir landeinwärts im Transvaalgebiete zwischen den Bergen südöstlich von Heidelberg in größerer Erhebung von etwa 1400—1500 m wieder[1], und sie werden hier unmittelbar von Kohlenvorkommnissen überlagert. Die sanfte Abdachung des Drakensberges gegen Transvaal schneidet also ganz ebenso wie die gegen die Oranje-River-Kolonie die Karruschichten quer durch und führt bei sanftem westlichen Fallen auf immer ältere Schichten herab.

Ganz wesentlich anders als alle bisher betrachteten Profile gestaltet sich ein Durchschnitt durch den nördlichen Drakensberg (Profil I S. 257 Lourenço Marques-Kaalfontein). Die tiefen Täler der ihn durchbrechenden Flüsse gewähren uns klaren Einblick in seinen Aufbau, so z. B. das Tal des Krokodilflusses, in dem die Eisenbahn von Johannesburg nach Lourenço Marques zur Küstenebene herabsteigt. Hier passieren

---

[1] H. LUTTMAN JOHNSON, Notes on the Geology of the Fortuna Valley, Heidelberg. Transvaal. Transact. Geolog. Soc. S. Africa. VII, 3, 1904.

wir einen ganz ähnlichen Steilabfall wie am südlichen Drakensberg; aber jener wird nicht mehr von Karruschichten gebildet, sondern von älteren Gesteinen, die im Innern von Transvaal herrschen und danach »Transvaalformationen« heißen. Von der Höhe des Devils Kontor (1770 m) blicken wir, wie bereits Molengraaff in seiner Geologie von Transvaal so anschaulich geschildert, von den Quarziten des Black Reef, die um Johannesburg eine so große Rolle spielen, nach Osten hinab auf ein viel tieferes Granitgebiet, durchflossen vom Kaapflusse; unten sanfte und milde Formen, entsprechend dem tiefgründig verwitterten Gestein. In den sanft gewölbten Rücken zwischen den einzelnen Tälern haben sich häufig Regenschluchten, Dongas genannt, hineingefressen und haben gelegentlich aus dem verwitterten Granit höchst abenteuerliche Formen herausgeschnitten. Gegen Westen hebt sich Bergwelle auf Bergwelle empor; aber jede Welle entspricht nicht einer Hebung, sondern eine jede knüpft sich an ein widerstandsfähiges Glied der oberen Transvaalformation der Pretoriaquarzite mit ihren Diabaseinlagerungen. Von ihnen sind wir getrennt durch eine Niederung von wechselnder Breite, in welcher die leicht verwitterbaren Dolomite des Transvaalgebietes ausstreichen. Ganz ebenso ist es nördlich vom Krokodilflusse, über welches Gebiet uns A. L. Hall näher unterrichtet hat. Hier wird die Mauchspitze (2660 m) und der benachbarte Andersonberg (2233 m) von den sanft nach Westen fallenden Quarzitbänken und Diabasdecken der Pretoriastufe gebildet. Vor ihnen liegt die Talung des Dolomites, und östlich davon hebt sich der Black Reef-Quarzit im Spitzkopf 2160 m hoch empor. Er bricht jäh über der tiefer gelegenen Granitlandschaft ab, einen ausgezeichneten, weithin nach Norden verfolgbaren äußersten Steilrand unsrer Zone von Steilrändern bildend. Nach den Untersuchungen von Hall[1] zeigt der ganze Lydenburger Distrikt die eben geschilderte Anordnung: Wir haben es mit einer ganzen Serie einzelner Schichtstufen zu tun, zwischen welchen sich Schichttäler erstrecken. Zwar nicht am höchsten, aber allenthalben am schärfsten hebt sich die unterste Stufe des Black Reef-Quarzites hervor. Ganz ebenso ist es aber auch nördlich vom Olifantflusse, welches Gebiet Mellor[2] einer ersten Aufnahme unterworfen hat. Hier verfolgen wir den Steilrand des Black Reef bis zum Wolkberge (2100 m), wo er unter rechtem Winkel umbiegt und sich landeinwärts unter dem Namen Strydpoortberge noch eine Strecke weit fortsetzt. So ist der Wolk-

---

[1] A. L. Hall, The Geology of the Central Portion of the Lydenburg District, between Lydenburg and Belvedere. Rep. Geolog. Survey 1906. Transvaal Mines Department, S. 73.

[2] E. T. Mellor, The Geology of the District about Haenertsburg, Leydsdorp, and the Murchison Range. Ebenda S. 21.

berg in ähnlicher Weise ein äußerster Endpunkt des langen Drakensbergzuges, wie im Süden der Xalanga, nämlich eine Stelle, wo der Steilrand sich landeinwärts wendet.

Die gesamte Breite der dem Transvaalgebiet angehörigen Schwärme von Schichtkämmen beläuft sich längs der Eisenbahn Pretoria-Lourenço Marques auf 50—60 km. Die höchste Erhebung liegt hier auf dem innersten Kamm, und dieser wird bei Belfast (1970 m) von flachgelagerten Karruschichten bedeckt. Letztere beginnen mit den Dwyka-Tillit, auf denen kohlenführende Schichten folgen, die den Bergbau von Belfast bedingen. Die Karte von Humphrey[1] läßt klar erkennen, wie sich die Karruschichten hier diskordant über die verschiedensten Glieder des Transvaalsystems breiten und im Osten in einigen Ausläufern bis in das Gebiet des Krokodil- und Komatiflusses hineinragen, wo sie einzelne Höhen krönen. Gegen Westen begleiten uns die Karruschichten abwärts bei Middelburg vorüber bis zum Bronkhorstspruit (1430 m); doch bilden sie keine zusammenhängende Decke, sondern immer nur vereinzelte Vorkommnisse, zwischen denen sich die Ausläufer des großen Waterbergsandstein-Gebietes von Middelburg erheben, nämlich eines flach muldenförmig gelagerten Sandsteines, welcher gewöhnlich als Äquivalent des Tafelbergsandsteins angesehen wird. Mellor[2] hat über dieses Gebiet eine Reihe wichtiger Mitteilungen gemacht und gezeigt, wie sich schließlich westlich vom Bronkhorstspruit unter dem Tillit wieder die Pretoriaquarzite des Transvaalsystems hervorheben, denen auch der Waterbergsandstein diskordant aufgelagert ist. Wir bleiben also zwischen Belfast und Bronkhorstspruit immer an der Sohle des Karrusystems, und diese senkt sich auf der Strecke von 110 km um 540 m.

Nur dort, wo im regenreichen Monsungebiete leicht verwitterbarer Granit unter dem Black Reef-Quarzite zutage tritt, hebt sich dieser als Stufe hoch über tiefer gelegenes Land hervor, wo aber in seinem Sockel anderweitige Gesteine, und zwar solche quarzitischer Natur, herrschen, bildet auch das alte Gebirge ansehnliche Erhebungen. So steigt im Gebiete südlich von Baberton aus dem Sockel des Trans-

---

[1] W. A. Humphrey, On Portions of the Lydenburg and Carolina Districts in the Neighbourhood of Belfast and Machadodorp. Rep. Geolog. Survey. Transvaal Mines Department. 1906, S. 101.

[2] E. T. Mellor, Outliers of the Karroosystem near the junction of the Elands and Olifants Rivers in the Transvaal. Transact. Geolog. Soc. S. Africa. VII, 1904. On some Glaciated Land Surfaces occurring in the District between Pretoria and Balmoral, with Notes on the Extent of a Distribution of the Glacial Conglomerate in the same area. Ebenda. The Geology of the Middelburg District. Ebenda X, 1907, S. 44. The Geology of the Central Portion of the Middelburg District. Rep. Geolog. Survey. Transvaal Mines Department. 1906, S. 53.

vaalsystems der Zug der Makonjwaberge in der Devils Bridge bis zu einer Höhe von 2075 m (vgl. Jeppes Karte von Transvaal) empor, also bis über die Höhe des Black Reef-Glintes. Nach Osten zu nimmt die Höhe dieses alten Grundgebirges ganz allmählich ab; ihr Gipfelniveau biegt sich seewärts herab, und schließlich setzen sich die älteren Gesteine längs einer ziemlich genau nordsüdlich streichenden Linie scharf gegen die Karruablagerungen ab. Molengraaff[1] mutmaßte hier einen großen Bruch zwischen beiden, den er als Lebombobruch bezeichnet. Die Untersuchungen von Kynaston[2] haben jedoch ergeben, daß die älteren Gesteine hier ganz regelmäßig unter die Karruschichten einfallen und daß kein Bruch vorhanden ist. Die Karruschichten beginnen aber hier nicht, wie sonst, mit dem Dwyka-Tillit, sondern setzen gleich mit Sandstein ein, in denen sich alsbald die Kohlenlager von Komati Poort einstellen. Der ganze Komplex fällt 10° E. unter Mandelsteinlaven ein, die ganz ähnlich denen des Basutolandes sind; diese Mandelsteinlaven senken sich unter die Rhyolithlavadecke der Lebombokette. Es ist also hier genau dieselbe Schichtfolge wie weiter südwärts am Umfolozi. Unmittelbar unter den Mandelsteinlaven finden sich ferner Sandsteine, ähnlich dem Höhlensandstein des Drakensberges und darunter rote Mergel, ebenso wie dort. Kynaston ist daher der Meinung, daß wir es hier auch mit den obersten Gliedern der Karruformation zu tun haben und daß dieselben Schichten, die weiter südwärts das Hochland des Basutolandes aufbauen, hier am Fuße des Burenhochlandes an der Grenze gegen die Küstenebene vorliegen. Die Karruschichten und die Mandelsteinlavadecken erscheinen glatt abgeebnet. Die Rhyolithe hingegen bilden eine Kette von 600 bis 700 m Höhe, die durch ihre jähe, mauerartige Aufragung den Eindruck eines breiten Ganges macht, aber in Wirklichkeit nichts anderes darstellt als den Denudationsrand eines schräg gelagerten Schichtkörpers. In der Tat wird die Kette ganz nach der Art eines am Rande einer Flexur herausgearbeiteten Schichtkammes von zahlreichen Durchbruchtälern gequert. Im Osten grenzt sie an das Küstenland mit seinen Kreideschichten, welch letztere bei Lourenço Marques nach Kilian[3] bis ins Aptien herabreichen.

Ein großer Quathlambabruch existiert also auch in unserem nördlichen Profile des Drakensberges nicht. Kynaston hat bereits

---

[1] G. A. F. Molengraaff, Transact. Geolog. Soc. South Africa. IV, 1898, S. 119. Geology of the Transvaal S. 79.

[2] H. Kynaston, The Komati Poort Coalfield. Mem. Geol. Survey Transvaal. No. 2. The Geology of the Neighbourhood of Komati Poort. Transact. Geolog. Soc. South Africa. IX, 1906, S. 19.

[3] W. Kilian, Über Aptien in Südafrika. Zentralblatt f. Mineralogie usw. 1902, S. 465.

ausgesprochen, daß die Karruschichten von Komati Poort möglicherweise längs einer großen Monoklinalfalte, also einer Flexur vom Hochlande, abgebogen seien. PASSARGE hält dies in seinem Südafrika für eine den bisherigen Anschauungen widersprechende Auffassung. Er glaubt, KYNASTON stütze sich lediglich auf die Tatsache, daß die Verlängerung der Komati Poort-Schichten in der Richtung ihres Ansteigens landeinwärts bis auf das Transvaalhochland hinaufführe. Das Wesentliche an der Sache ist, daß der große östliche Randbruch von Südafrika an der einzigen Stelle, wo er bisher durch Beobachtungen festgelegt zu sein schien, nach den Untersuchungen von KYNASTON als nicht vorhanden hingestellt werden muß. »Wollte man«, fährt PASSARGE fort, »mit der Verlängerung des Einfallwinkels auch in anderen Schollenländern eine einfache Abbiegung beweisen, so würden nicht viele Horste mit nachgewiesenen Spalten auf der Erdoberfläche übrigbleiben, vorausgesetzt, daß die abgesunkenen Schichten, wie das bei Komati der Fall ist, nur an einer Stelle aufgeschlossen sind.« — Dem ersten Teil dieses Satzes ist durchaus beizupflichten: Nur zu häufig hat man bloß aus der verschiedenen Höhenlage von Schichten auf Brüche geschlossen, ohne in Erwägung zu ziehen, daß jene Erscheinung auch durch Abbiegen von Schichten erklärt werden kann. Dringend nötig erscheint uns eine Revision der zahlreichen bloß konstruierten, nicht auch durch Beobachtung sichergestellten Brüche der Erdkruste. Mit dem zweiten Teile seiner Äußerung aber hat PASSARGE unrecht: Wir treffen die abgebogenen Schichten nicht bloß bei Komati Poort, sondern können sie von hier aus am Ostfuße der Lebombokette ununterbrochen bis in das Zululand hinein verfolgen, und hier sehen wir, wie sie ansteigen und sich landeinwärts bis in das Hochland von Transvaal hinauf ununterbrochen erstrecken. Hier ist also die von KYNASTON gemutmaßte Abbiegung ununterbrochen zu verfolgen, worauf letzterer bereits hingewiesen hat.

Es erübrigt jetzt nur noch zu zeigen, in welcher Weise die bei Belfast aufgeschlossenen Karruschichten mit denen im nördlichen Natal abgebogenen zusammenhängen. Südlich Belfast greifen im Gebiete von Carolina die Karruschichten weiter und weiter nach Osten über die einzelnen Glieder des Transvaalsystems hinweg, bis sie schließlich am rechten Ufer des Komatiflusses in der Gegend von Steynsdorp bis unmittelbar auf deren Grundgebirge zu liegen kommen. Von hier an zieht sich ihr Ostsaum im Gebiete von Ermelo allenthalben gegen das Urgebirge angrenzend über Amsterdam, Piet Retief bis in die Gegend von Lüneburg am Pongola, an dessen Südufer wir sie dann bis ins Zululand ununterbrochen verfolgen können.

Der geschilderte Ostrand des Karrusystems zwischen Komatifluß und Pongola aber fungiert nicht als Wasserscheide, wie bei Belfast, sondern die Wasserscheide zwischen dem Vaalflusse und den Zuflüssen des Indischen Ozeans liegt hier auf der Höhe des Hochlandes von Transvaal, dessen Oberfläche sich also hier ebenso nach Osten ein Stück weit sanft abdacht, wie sonst nach Westen hin. Die alten Gesteine des Swazilandes erscheinen sohin lediglich als der bloßgelegte Sockel der sich ostwärts abbiegenden Karruschichten; den nördlichen Drakensberg aber, dessen Gipfel die angrenzenden Karruschichten ansehnlich überragen, können wir dementsprechend als bloßgelegten Kern einer außerordentlich flachen Aufwölbung der Karruschichten ansehen.

So erweisen sich denn die beiden Teile des Drakensberges strukturell als erheblich voneinander verschieden: dem Bauplan des südlichen liegt eine flache Einbiegung, dem Plan des nördlichen eine sanfte Aufwölbung der Karruschichten zugrunde; dabei sind aber beide morphologisch nahe miteinander verwandt: beide sind Schichtstufen, echte Glinte, sich knüpfend an die widerstandsfähigen Glieder der eingebogenen oder aufgewölbten Schichten. Diese beiden so verschieden konstruierten Gebiete aber befinden sich längs einer Zone, in welcher sich die Karruschichten mit ihrem Sockel älterer Gesteine zum Meere hin abbiegen.

Für die Altersbestimmung dieser großen Flexur ist von Bedeutung, daß von ihr auch die Laven des Zululandes ergriffen werden, von denen, wie schon erwähnt, die Mandelsteinlaven von Kynaston mit denen des Basutolandes parallelisiert werden. Hiernach würde unsere große Abbiegung erst nach den mächtigen Massenergüssen erfolgt sein, die in Südafrika am Schlusse der Karruzeit, also nach Beginn der Juraperiode, erfolgten. Allerdings stützt sich jene Parallelisierung zur Zeit lediglich auf die Wiederholung der gleichen Schichtenfolge: rote Schichten, weißer Sandstein und Mandelsteinlaven im Zululande ebenso wie im Basutolande, und bedarf noch einer schärferen Stütze durch den Nachweis der Stormbergflora in den unteren Partien dieses Komplexes. Aber wenn dieser Nachweis auch noch aussteht, so liegt doch andererseits auch kein Grund vor, in ähnlicher Weise wie Passarge, der mehr oder weniger deutlich einen Zusammenhang zwischen Randbrüchen und vulkanischen Ergüssen mutmaßt, nunmehr einen solchen zwischen der Entstehung unserer Flexur und der vulkanischen Tätigkeit anzunehmen. Zu bezweifeln ist allerdings nicht, daß durch die Injektion gewaltiger Doloritmassen in die unteren Abteilungen des Karrusystems vom Kaplande und Natal sowie auch vom östlichen Transvaal eine merkliche Anschwellung dieser Schichten

verursacht gewesen sein muß, denn nach den Angaben von Rogers[1] machen die Intrusionen stellenweise etwa ein Viertel der gesamten Schichtmächtigkeit aus, diese aber beläuft sich für Ecca- und Beaufortschichten insgesamt auf 2600 m, so daß wir eine Hebung von 600—700 m bloß auf Konto von Intrusionen setzen könnten. Allein auch diese Intrusionen werden, wie uns das Bohrloch am Bluff bei Durban lehrt, von der Flexur abgebogen; denn das Bohrloch hat unter den oberen Kreideschichten auch Doleritintrusionen in den Eccaschichten erschlossen.

Für Beurteilung unserer Flexur ist weiter von Bedeutung, daß längs ihr die Kreideschichten mit den verschiedensten Gliedern des abgebogenen Komplexes in Berührung treten, und zwar kommen sie auf immer ältere zu liegen, je weiter nach Süden wir gehen. Im Zululande liegt am Fuße der Lebombokette ein kretazeischer Strand; bei Durban lagern die Kreideschichten auf Eccaschiefern der unteren Karru, um Umtamvuna am Fuße von Kliffen im Granit oder Tafelbergsandstein. Wir entnehmen hieraus, daß unsere Flexur keine bestimmte Schichtoberfläche, sondern eine alte Landoberfläche betrifft, welche die verschiedensten Schichten, die wir am Ostabfalle des südlichen Drakensberges kennen gelernt haben, durchschneidet. Es fehlt nun nicht an Anzeichen dafür, daß eine solche alte Landoberfläche noch heute vorhanden ist, und zwar tritt sie uns in Gestalt einer Rumpffläche entgegen. Die Eisenbahn von Pietermaritzburg nach Durban führt auf der Höhe zwischen Umgeni und Umlazi und gestattet weite Ausblicke. Man hat, sobald man die Höhe erreicht hat, den Eindruck, auf einer weiten Hochebene sich zu befinden. Diese Hochebene nun schneidet bei Thornville (916 m) die Eccaschiefer, bei Camperdown (761 m) den Dwyka-Tillit quer ab, führt dann weiterhin über den Tafelbergsandstein auf den Granit von Inchanga (752 m) und bei Bothashill (739 m) wieder auf den Tafelbergsandstein zurück; auf diesem senkt sie sich rasch abwärts, über Pinetown (343 m) nach Malvern (170 m). Dort erreicht unsere Hochfläche wieder den Dwyka-Tillit und kommt schließlich bei Durban auf Eccaschiefer. Die ganze flache Antiklinale der Küstenvorstufe wird durch diese Rumpffläche quer abgeschnitten, und letztere ist es, welche bei Durban untertaucht und den Kreideschichten des Bluff als Sockel dient.

Wie weit sich diese Rumpffläche erstreckt, läßt sich heute nicht mit Bestimmtheit sagen. Nach der Geländedarstellung der von der geologischen Aufnahme von Natal herausgegebenen Spezialkarten ein-

---

[1] A. W. Rogers. The Geology of the Cape Colony. 1905. S. 273.

zelner Distrikte im Maßstabe 1 : 94000 zu urteilen, reicht sie über die gesamte Küstenvorstufe vom Zululande aus bis an die Grenze des Kaplandes. In der Tat wird sie auch von Anderson immer als ein Plateau bezeichnet, und zwar das des Tafelbergsandsteins, wenn auch Anderson daneben immer hervorhebt, wie sich an der Zusammensetzung dieses Plateaus sowohl der ältere Granit als auch die älteren Karruschichten beteiligen.

Von Wichtigkeit wird sein, das Verhältnis unserer von jung aussehenden Tälern tief zerschnittenen Rumpffläche zu den Vorbergen des Drakensberges und zu diesem selbst kennen zu lernen. Es sind zwei Fälle denkbar: sie kann in bezug auf beide die Rolle einer jener Rumpfflächen spielen, die wir nicht selten am Fuße von Gebirgen antreffen, z. B. am Nordfuße der Alpen in der Gegend von Murnau oder am Fuße der Karpathen südlich von Witkowitz, und die wir durch seitliche Erosion der aus dem Gebirge kommenden Flüsse, also durch Zusammenwachsen benachbarter Talböden, entstanden denken können. Es ist aber auch möglich, daß sich unsere Rumpffläche hinwegwölbte über den ganzen Drakensberg und seinen Vorstufen, und daß dieser aus ihr herausgeschnitten wurde. Die Eisenbahnfahrt von Johannesburg nach Pietermaritzburg führt quer über das ganze obere Tugelagebiet hinweg; es geht vom oberen Buffalogebiet im Distrikte Newcastle (1186 m) zum Sunday River bei Elandslaagte und Klip River bei Ladysmith (1001 m), es geht bei Colenso (962 m) über den Tugela, bei Estcourt (1168 m) über den Bushmansfluß, bei Weston (1389 m) über den Mooi River. Der Charakter aller dieser Täler, die teilweise bis zur Höhe des Rumpfes auf der Küstenvorlandstufe eingeschnitten sind, ist ein auffällig übereinstimmender: breite Furchen mit sanft ansteigenden Gehängen, häufig mäandrierend, wie namentlich bei Estcourt. Breite, sanft fallende Talsohlen, die zu einem Rumpfe verwachsen könnten, fehlen; vielmehr zeigen sich überall dort, wo die Flüsse quer über Doleritlager fließen, Stromschnellen, manchmal aber auch stattliche Wasserfälle. Ich habe nichts bemerkt, was die Annahme stützen könnte, der Rumpf auf der Küstenvorstufe Natals sei ein Piedmontrumpf des Drakensberges und seiner Vorberge. Dagegen ist die sanfte Westabdachung des Drakensberges abermals eine Rumpffläche. Die Hochflächen des Burenhochlandes entsprechen, wie wir gesehen haben, nicht einer bestimmten Schichtoberfläche. Sie senken sich im Oranjegebiete sanft von den oberen, im Transvaalgebiete von den mittleren Karruschichten bis zu den unteren herab, und die einzigen Erhebungen, welche hier die sanfte Abdachung unterbrechen, knüpfen sich an widerstandsfähige Doleritlager oder -gänge; alle die zahlreichen Kranz- und Spitzberge tragen den Charakter von

Monadnocks. Die Flüsse aber schneiden nicht in scharf ausgesprochenen Tälern ein, sondern fließen inmitten breiter, sich sanft nach ihnen senkender Furchen. Diese Rumpffläche des Hochlandes bricht nun ebenso auf der Kante des südlichen Drakensberges ab, wie die der Küstenvorstufe in dessen Fußregion aufhört. Der naheliegende Gedanke, daß beide Rumpfflächen einander entsprechen, wird wesentlich dadurch befestigt, daß zwischen dem nördlichen und dem südlichen Drakensberge, im Gebiete von Ermelo und Carolina, die Rumpffläche des Hochlandes sich auch nach Osten senkt, weswegen die Wasserscheide zwischen Vaal und Zuflüssen des Indischen Ozeans auf ihr zu liegen kommt. Endlich habe ich im Gebiete von Vryheid, wo sich die Karruschichten zwischen Pongola und Weißem Umfolozi zum Küstensaume herabbiegen, den Eindruck erhalten, als ob die Höhen einer Rumpffläche angehörten. Der gesamte Landschaftscharakter ist hier ebenso wie in Transvaal; die Erstreckung der ehemaligen Südafrikanischen Republik gerade in dieses Gebiet hinein erscheint als eine Ausdehnung auf gleichem Boden.

So liegen denn nach dem dermaligen Stande unserer allerdings noch recht lückenhaften Kenntnis die Dinge im Drakensberggebiete ganz ebenso wie im Kaplande. Auch hier bricht das Burenhochland längs eines Steilrandes jäh ab, den REHMANN anfänglich auch auf einen Bruch zurückführte, während wir heute dank der eingehenden Untersuchungen der Kapgeologen wissen, daß eine Schichtstufe, ein typischer Glint vorliegt. Davor liegt die ebene und hügelige Große Karru; zwischen dieser und dem Meere erhebt sich aber der Schwarm der Kapfalten. Die Flüsse nun, welche am Glinte entspringen, fließen im Gouritzgebiete quer durch die Kapfalten hindurch. Anfänglich hat man geglaubt, letztere hätten sich quer über dieses Flußsystem hinweg aufgewölbt und seien von dessen Gliedern währenddes durchschnitten worden. Bei der näheren Erforschung des Kaplandes hat sich dann aber eine andere Vorstellung aufgedrängt: A. W. ROGERS[1] hat gezeigt, daß das Gouritzflußgebiet ein konsequentes ist, zur Entwicklung gekommen auf einer kontinuierlichen Abdachung, die sich vom Hochlandrande zur Küste zog; E. SCHWARZ[2] hat diese Abdachung dann bestimmt als Peneplain im Sinne von W. M. DAVIS bezeichnet und von ihrer Verbiegung gesprochen. So erscheint uns Südafrika zwischen Burenhochland und Kap sowie Natal als eine einzige großartige verbogene Rumpffläche.

---

[1] A. W. ROGERS, The Geological History of the Gouritz River System. Transact. South African Philos. Soc. XIV, 4, 1903.

[2] E. SCHWARZ, The Rivers of Cape Colony. The Geographical Journal. London 1906, XXVII, S. 265.

Diese Vorstellung habe ich bereits 1906 gelegentlich meines Vortrags auf der Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte in großen Umrissen entwickelt, wobei ich mich allerdings, entsprechend dem Charakter meiner Ausführungen, auf Einzelheiten nicht einlassen konnte. Dies hat bei Passarge die durchaus irrige Vorstellung erweckt, als ob es sich lediglich um Wiedergabe der Eindrücke einer kurzen Kongreßreise handle. Dank den erwähnten günstigen Umständen habe ich mich vielmehr bei meinem Vortrag in Stuttgart etwa in gleichem Umfange wie heute auf die Arbeiten südafrikanischer Geologen stützen können.

Der südliche Drakensberg, nach seinem geologischen Bau eine flache Synklinale, erscheint nach den hier entwickelten Anschauungen als eine flache Aufwölbung, welche allerdings unbedeutender ist als die Synklinale und letztere nicht zu verwischen vermag. Daß er über seine Umgebung emporgehoben worden ist, wird auch von den Kapgeologen angenommen, die ihn näher erforscht haben; denn anders ist nicht zu verstehen, wieso er bei muldenförmiger Schichtlagerung seine Umgebung so weit überragen kann. Allerdings ist seine Höhe zu einem guten Teile durch die mächtigen Massenergüsse des Basutolandes bedingt, aber wenn wir uns auch letztere hinweggenommen denken, bleibt die Tatsache bestehen, daß die von Stormbergschichten eingenommene Muldenmitte den Muldenrand überragt. Daß diese gehobene Synklinale wegen der ihr auflagernden Ergußgesteine zu einem hydrographischen Zentrum wurde, von dem aus der Oranje und Vaal, der Umzimvubu und Tugela ausstrahlen, erscheint begreiflich. Dagegen überrascht es, daß der nördliche Drakensberg kein Wasserteiler ist, obwohl er, wie wir zu zeigen versuchten, einer sanften Aufwölbung der Karruschichten entspricht. Er wird in seiner ganzen Breite vom Komati samt Krokodilfluß sowie vom Olifantfluß durchbrochen; an seinem Nordende treten ferner Flüsse, deren Quellen am Nordende des Strydpoortglint gelegen sind, in letzteres hinein und queren es, wie Mellor kürzlich geschildert, in engen Schluchten. Wir können diese verschiedenen Durchbrüche nicht in gleicher Weise erklären. Bei Strydpoortglint handelt es sich um Durchbrüche aus der weitverbreiteten Familie der Glintdurchbrüche, die sich allgemein unter der Annahme verstehen lassen, daß zur Zeit der Anlage der Durchbruchflüsse das Glint noch nicht herausgearbeitet war und eine Abdachung vom Gebiete des heutigen Glintflusses über die Höhen des Glintes hinweg sich erstreckte. Wir haben aus den Strydpoortdurchbrüchen lediglich zu schließen, daß sich einst im Bereiche des nördlichen Drakensberges eine Abdachung vom Gebiete der alten, seither stark abgetragenen Gesteine in das der Transvaalquarzite erstreckte,

daß also eine Rumpfebene vorhanden war, die heute gänzlich zerstört ist. Der Olifant-, Krokodil- und Komatifluß haben keine Glintdurchbrüche. Sie sind, falls die in der Lagerung der Karruschichten angezeigte Aufwölbung des nördlichen Drakensberges dort am beträchtlichsten war, wo die höchsten Erhebungen vorkommen, Antiklinaldurchbrüche, wie solche in der Regel dort gebildet werden, wo Aufwölbungen quer über Flußläufen hinweg entstehen. Wir hätten sie danach als antezedente Durchbrüche zu bezeichnen. Allerdings könnte man sich auch vorstellen, daß die heutige Wasserscheide bei Belfast als eine Antiklinalscheide über einer Aufwölbung des Rumpfes sich entwickelt hatte, wie weiter südlich im Gebiete von Carolina und Ermelo. Dann müßte man die höheren Gipfel des Drakensbergs, die Mauch- und Andersonspitze sowie die Devils Bridge als Aufragungen aus dem alten Rumpfe auffassen, so wie sie uns in Transvaal häufig dort entgegentreten, wo die Gesteine des Transvaalsystems an die Oberfläche kommen. Zwischen ihnen könnte eine ununterbrochene Abdachung des Rumpfes bestanden haben, ähnlich derjenigen, welcher der Limpopo heute zwischen Magaliesberg und Palalaplateau folgt.

So lassen denn gerade die hydrographischen Verhältnisse einigermaßen offen, ob die Achse der Aufwölbung der Karruschichten im nördlichen Drakensberg mit jener Verbiegung der späteren Rumpffläche genau zusammenfällt. Möglicherweise kann man die hier offenzulassende Frage durch Beobachtungen an den Höhen des nördlichen Drakensbergs zur Entscheidung bringen, obwohl hier dank der kräftigen Erosion der von den Monsunregen gespeisten Flüsse die vorkretazeische Rumpffläche so gut wie gänzlich zerstört ist; für ihre Festlegung haben wir zwischen Hochlandsaum und Lebombokette keinen festen Anhaltspunkt. Die breite Ebenheit aber der Mandelsteinlaven und Karruschichten vom Komatipoort, welche sich nach den Profilen von Kynaston zu urteilen bis in das Bereich der alten Gesteine fortsetzt, ist jedenfalls jünger als die zerstörte kretazeische Rumpffläche zwischen dem Burenhochland und Küste; denn sie liegt tiefer als die Lebombokette, und ihre Abflüsse queren die letztere. Die Dinge scheinen hier ähnlich zu liegen wie im südlichen Kaplande, wo Rogers und Schwarz auch mehrere Rumpfebenen unterscheiden; speziell die in Rede stehende von Komati Poort erinnert in vielen Stücken an die der großen Karru, deren Abflüsse ja auch das Bereich der Kapfalten queren.

Die große präkretazeische Flexur, die sich sowohl im Schichtbau, als auch in der Oberflächengestaltung der Küstenvorstufe im Osten von Südafrika so deutlich ausspricht, fällt auf eine große Strecke mit der Küste von Natal zusammen. Jedoch ist dieses Zusammen-

fallen kein absolutes. Im Norden, wo sich das Küstenland des Zululandes erstreckt, erfolgt der Abfall zu den großen Meerestiefen verhältnismäßig sanft in einiger Entfernung von unserer Flexur; im Süden aber, im Bereiche des Pondolandes wird dieselbe von dem Küstenverlauf schräg durchschnitten, und zwischen der Mündung des Umtamvuna und der des großen Keiflusses senkt sich der Boden des Meeres angesichts der Küste ungemein jäh zu großen Tiefen herab. Wir können daher unsere Flexur nicht zu jenen großen Flexuren rechnen, die wiederholt am Abfall der Kontinente gemutmaßt worden sind, und müssen hervorkehren, daß sie mit jenem Abfalle einen spitzen Winkel einschließt. Nahe liegt allerdings der Gedanke, daß auch jener kontinentale Steilabfall den Charakter einer Flexur trägt, und daß er im wesentlichen dadurch zustande gekommen ist, daß sich an der einen Seite das Land aufwölbte und auf der anderen das Meer einsenkte. Daß die durch die schräge Stellung der Rumpffläche in der Küstenvorstufe angezeigte Aufwölbung des Landes noch fortdauert, lehren uns die Flüsse, welche jene Rumpffläche zerschneiden. Ihre Täler sind durchschnittlich eng, so daß der Verkehr sie meidet und die benachbarten Höhen aufsucht; das Gefälle ist noch unausgeglichen, Stromschnellen und Wasserfälle kommen an den Flüssen Natals auch unweit der Küste vor. Wir haben es also hier mit jugendlichen Talformen zu tun, welche im Bereiche eines Küstenlandes nur auf eine kürzlich erfolgte oder noch anhaltende Hebung schließen lassen. Wie es sich nun mit dem angrenzenden Meere verhält: ob sich sein Boden einbiegt, wie es der Annahme einer Flexur entsprechen würde, wissen wir nicht. Wir können lediglich aus der Tatsache, daß vor den Mündungen der Flüsse von Natal ein Aufschüttungsschelf fehlt, schließen, daß hier Senkungen stattgefunden haben. Lenken wir nun unsere Blicke auf den Küstenverlauf selbst, so treffen wir hier bald Hebungs-, bald Senkungserscheinungen, und zwar in unmittelbarer Vergesellschaftung miteinander. Im allgemeinen macht die Küste von Natal den Eindruck einer gesunkenen Küste: die Flüsse münden in untergetauchten Tälern, die allerdings in der Regel durch Sandbarren verschlossen sind und nur ganz ausnahmsweise, nämlich bei Durban, den Wert von natürlichen Häfen erlangen. Wie tief die Senkung der Täler geht, lehren einige Daten von Anderson[1]: er berichtet, daß ein Bohrloch im Mündungstale des Umzimkulu bei Port Shepstone bei 43 m Tiefe noch nicht den felsigen Talgrund erreicht hat, so daß wir hier auf eine in jüngster geo-

---

[1] W. Anderson. On the Geology of Bluff Bore. Durban, Natal. Transact. Geol. Soc. South Africa. IX. S. 111. 1907.

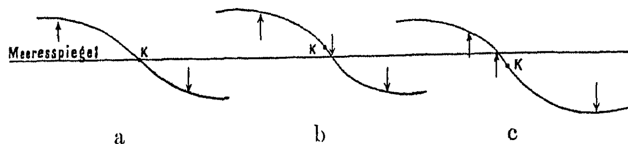
logischer Vergangenheit erfolgte Senkung mindestens um diesen Betrag schließen müssen. Neben solchen Senkungserscheinungen haben wir an der Küste Hebungserscheinungen, auf die bereits Griesbach hingewiesen hat. Solche zeigt beispielsweise das Bluff von Durban an. Dieses Bluff ist ein sandiger Rücken, welcher sich parallel der Küste entlang zieht und mit dieser den Hafen von Natal einschließt. Letzterer erinnert an einen seewärts geöffneten Küstensee, das Bluff hingegen an einen alten, ziemlich hohen, nunmehr gänzlich bewachsenen Dünenwall auf einer Nehrung. Seine stellenweise lose verkitteten Sande haben die unregelmäßige Schichtung und das Aussehen von Dünensanden. Unter ihnen heben sich stärker verkittete, schräg fallende Sande hervor, welche an der Spitze des Bluff den Cave Rock bilden. Über dem lockeren Sandstein des Cave Rock nun findet sich im Bluff selber, bedeckt von dessen Sanden, 5—6 m über dem heutigen Meeresspiegel ein alter Strand mit Geröllen von Tafelbergsandstein und schwarzen Gesteinen (Tillit?). Dazwischen fand ich einzelne Schalen, die Dr. Sturany in Wien an *Ostrea cucullata* Born. erinnerten, also an eine Art, die heute an der Küste von Natal lebend vorkommt.

Möglicherweise entspricht dieser Strand dem von 20 Fuß Höhe an der Außenseite des Bluff, den Anderson[1] erwähnt, vorausgesetzt, daß dieser hier nicht eine in das Bluff hineingearbeitete Strandlinie im Auge hat, und wahrscheinlich entsprechen ihm die marinen Sande und Muscheln auf der Berea von Durban, von denen gleichfalls Anderson berichtet. Kaum 50 km südlich, unfern von den ausgesprochenen Senkungserscheinungen in Port Shepstone nahmen Rogers und Schwarz im Pondolande drei Terrassen wahr, die eine in 60 m, die zweite in 240 m, die dritte in 360 m Höhe über dem Meere, die sie als Litoralterrassen ansprechen, wie solche weiter im Süden an der Küste des Kaplandes in großer Ausdehnung vorkommen. Ein solches Nebeneinander von Hebungs- und Senkungserscheinungen hat vielfach den Gedanken an eine besonders große Beweglichkeit in der Lage des Meeresspiegels geweckt, da man sich scheut, anzunehmen, daß das Land in kurzen Intervallen den Sinn seiner Bewegungen so häufig geändert habe. Es läßt sich jedoch leicht erkennen, daß ein derartiger häufiger Wechsel im Sinne der Bewegung der Uferlinie auch mit der Bildung einer großen Küstenflexur in Beziehung stehen kann.

An einer solchen Flexur unterscheiden wir einen gehobenen Flügel und einen gesenkten Flügel. Zwischen beiden liegt der Knoten der Flexur, der stabil ist, und um den sich alles andere wie um ein Scharnier dreht. Liegt nun (Fig. 1a) der Knoten K einer Küsten-

[1] W. Anderson, Preliminary Report on the Geology of the Neighbourhood of Durban. II. Rep. Geolog. Survey of Natal. 1904, S. 105 (115).

Fig. 1.

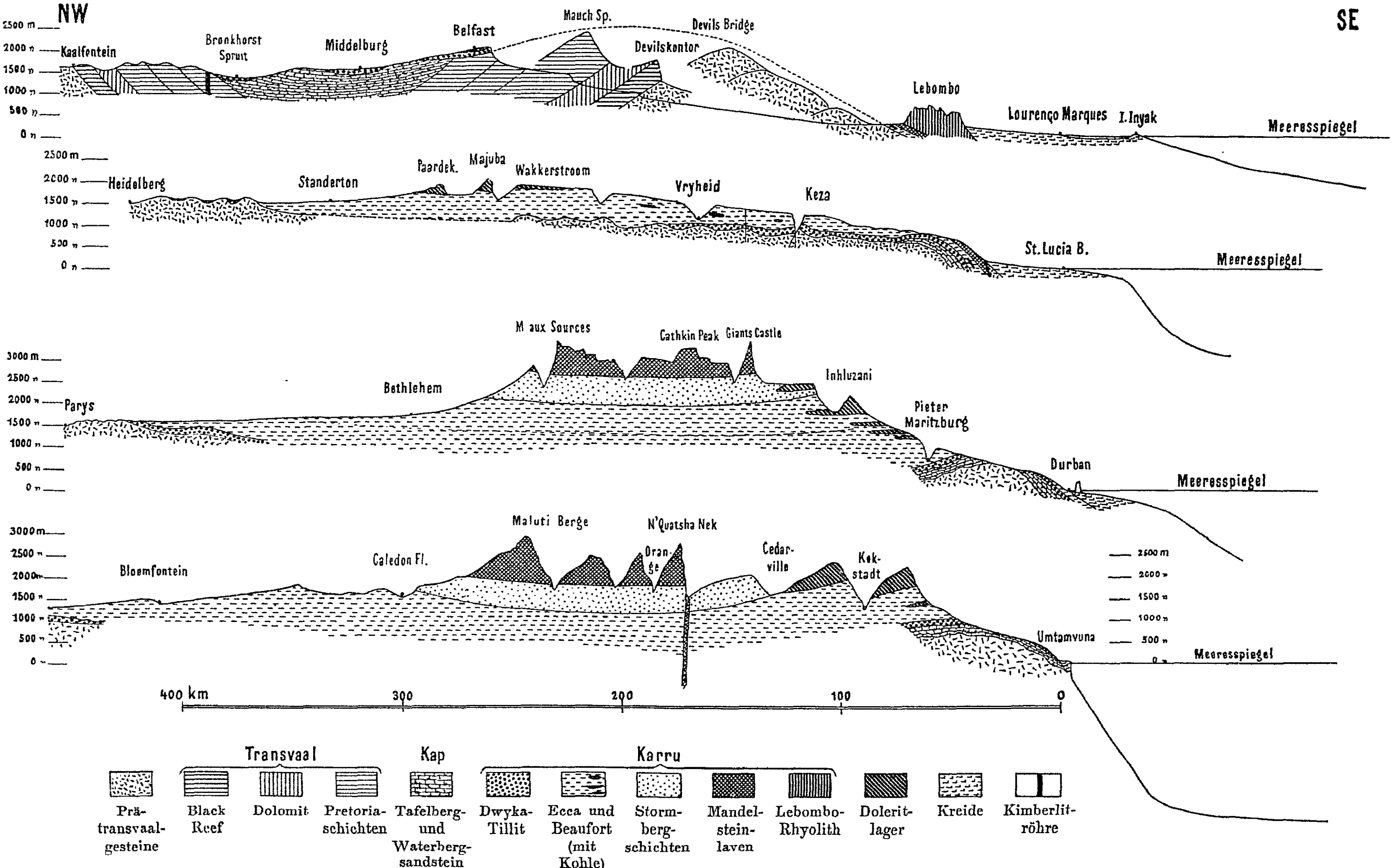


flexur genau im Meeresspiegel, so hebt sich das Land und senkt sich der Meeresboden, ohne daß Veränderungen der Küstenlinie eintreten; liegt er über dem Meeresspiegel (Fig. 1 b), so senkt sich mit dem Boden des Meeres auch ein Stück des Küstensaumes, und wir erhalten neben einem sich hebenden Lande Senkungserscheinungen an der Küste, wie wir dies in so ausgesprochener Weise in Natal sehen. Liegt endlich der Knoten der Flexur unter dem Meeresspiegel (Fig. 1 c), so erhebt sich mit dem Lande auch ein Stück des Meeresbodens, und wir erhalten neben einem sich senkenden Meeresbecken Hebungserscheinungen. Nun dürfte es in der Natur wohl kaum vorkommen, daß der Knoten einer großen Flexur seine Lage unveränderlich beibehält, sondern bei der Weiterbildung der Flexur dürften sich leicht Veränderungen in seiner Lage ereignen. Liegt der Knoten nun durchschnittlich in der Nähe des Meeresspiegels, so wird er daher bald über, bald unter demselben erscheinen, und es wird dieselbe Küste bald Senkungs-, bald Hebungserscheinungen aufweisen, obwohl sich das benachbarte Land konstant hebt und das benachbarte Meer konstant senkt. Wir können daher sagen, daß der unregelmäßige Wechsel von Hebungs- und Senkungserscheinungen an der Küste von Natal mit der Annahme, daß sie eine Flexurküste sei, durchaus im Einklang steht. Dagegen harmoniert der häufige Wechsel in der Bewegung der Strandlinie an der Küste von Natal nicht mit der Vorstellung, daß sie eine Bruchküste sei, entstanden durch das Absinken von Schollen, denn an einer solchen Küste können wir ausschließlich und allein Senkungserscheinungen erwarten. Mit der Erkenntnis aber, daß wir neben den Bruch- und Faltungsküsten des Atlantischen und Pazifischen Typus von Eduard Suess auch noch einen dritten Typus der Flexurküsten besitzen, bereichern wir nicht bloß die Zahl der prinzipiell wichtigen Küstentypen, sondern eröffnen auch neue Ausblicke auf die Entstehung der Ozeane und der Kontinente.

Bemerkungen zu den Profilen durch den Drakensberg (S. 257).

Die mitgeteilten Profile beruhen nicht auf direkter Beobachtung in der Natur, sondern sind entworfen nach der vorliegenden Literatur, und es konnte die Höhenlage der einzelnen Schichtglieder, nament-

Fig. 2.



Profile durch den Drakensberg.

lich im Bereiche des südlichen Drakensberges, nicht genau angegeben werden. Entschieden zu hoch ist die Sohle der Mandelsteinlaven in Profil III gezeichnet; sie liegt, wie ich während der Drucklegung aus der Arbeit von Churchill ersehe, nur wenig über 2000 m. Vor allem aber mußten die Höhen, um den Schichtbau klar erkennen zu lassen, sehr bedeutend, nämlich 20fach überhöht werden. Dementsprechend erscheinen die Mächtigkeiten der flach gelagerten Schichten im südlichen Drakensberg sehr viel ansehnlicher als die steiler geneigten Schichten, z. B. der von Komati Poort. Entsprechend der Überhöhung sind auch die Tangenten aller Fallwinkel 20fach vergrößert, und es erscheint das Einfallen der sich zum Indischen Ozean abbiegenden Schichten sehr viel steiler, als es in Wirklichkeit ist.

Ausgegeben am 12. März.

259

SITZUNGSBERICHTE

1908.

XII.

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

5. März. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

*1. Hr. Auwers berichtete über den weitern Fortgang seiner Bearbeitung der älteren Bradley'schen Beobachtungen.

Seit der vorjährigen Berichterstattung sind die Einzelresultate der Beobachtungen am Passageninstrument für die letzten 12 Stunden der RA. zusammengestellt, die Mittelörter für 1745.0, mit Ausschluss der wenigen nach dem vorigen Bericht einstweilen zurückzustellenden Tage, vollständig gebildet und alle stärker abweichenden Beobachtungen revidirt worden. Darauf wurden die Quadranten-Beobachtungen in Angriff genommen, und zwar zunächst die Durchgänge. Aus diesen sind für die ganze Reihe 1743—1753 die genäherten — noch mit den Fehlern des Limbus behafteten — scheinbaren Rectascensionen, und die in demselben Sinne genäherten Rectascensionen für 1745.0 bis zum 29. August 1744 abgeleitet, und die Fehler des Limbus bis dahin durch vollständige Vergleichung der Beobachtungen mit dem Catalog für 1755 in erster Annäherung bestimmt. Diese Fehler haben sich als sehr beträchtlich erwiesen, lassen sich aber für den ganzen Bogen vom Zenith bis in die Nähe des Südhorizonts — wenigstens für die bis jetzt behandelte Periode, die nahe die Hälfte aller am Quadranten beobachteten Durchgänge von Catalogsternen enthält — sicher genug bestimmen, so dass gute Ergebnisse für die Rectascensionen auch von den Quadranten-Beobachtungen erwartet werden dürfen.

*2. Derselbe legte ein von Hrn. Dr. Ristenpart zusammengestelltes Verzeichniss grösserer Eigenbewegungen vor, die bei der Bearbeitung der »Geschichte des Fixsternhimmels« aufgefunden worden sind.

Die Übertragung der gesammelten Sternörter auf Aeq. 1875 ist seit Mitte v. J. im Gange, zunächst für die Sterne nördlich vom Aequator, und für diese bis jetzt in den ersten drei Stunden der RA. ausgeführt. Die dabei neu zum Vorschein gekommenen Eigenbewegungen sind vorläufig genähert bestimmt und werden zusammen mit den früher bei den Eintragungen gefundenen grösseren Werthen aus den späteren Stunden und für südliche Sterne in einer Liste von 174 Objecten mitgetheilt, um neue Bestimmungen dieser Sterne zu veranlassen. Die, später fortzusetzende, Liste wird in den »Astronomischen Nachrichten« erscheinen.

3. Hr. Branca legte einen vorläufigen Bericht über die Ergebnisse der Trinil-Expedition der Jubiläums-Stiftung der Stadt Berlin vor.

Die von Frau Prof. Selenka geführte Expedition hat in einigen 40 grossen Kisten die reiche Ausbeute aus den *Pithecanthropus*-Schichten nach Berlin gebracht. Erst spä-

tere Untersuchung dieser fossilen Fauna kann genauen Aufschluss geben über ihre Beziehungen zur heutigen und zur jungtertiären Fauna. Besonders bemerkenswerth sind dabei ein Affen- (Anthropomorphen-?) und ein Menschenzahn, die beide fossil sind. Auch angebliche Spuren menschlicher Thätigkeit sind in diesen Schichten gefunden, die jedoch — soweit sie bis jetzt untersucht sind — als beweisend nicht angesehen werden können. — Endlich ist das geologische Alter der *Pithecanthropus*-Schicht jetzt paläontologisch als ein diluviales festgestellt worden, indem in derselben Süsswasser-Mollusken gefunden wurden, die nach den Bestimmungen von Hrn. Martin in Leiden sämmtlich noch heute lebenden Arten angehören.

Vorläufiger Bericht über die Ergebnisse der Trinil-Expedition der Akademischen Jubiläums-Stiftung der Stadt Berlin.

Von W. Branca.

Die Erträgnisse der von der Stadt Berlin bei Gelegenheit der Zweihundertjahr-Feier dieser Akademie gemachten Jubiläums-Stiftung wurden im Jahre 1906 an Frau Prof. Selenka vergeben, zum Zwecke von Ausgrabungen bei Trinil an der berühmten Fundstätte des *Pithecanthropus erectus.*

Die Vergebung der Stiftung an Frau Selenka findet ihre Erklärung in drei Punkten: einmal hatte Frau Selenka bewiesen, dass sie wohl imstande sei, ein Unternehmen wie dieses durchzuführen; denn sie hatte bereits sehr viel Schwereres geleistet, indem sie[1] allein nach Borneo ging, um dort an der Spitze einer Expedition ungefähr 4 Monate lang im Urwalde das Material zu beschaffen, welches Prof. Selenka für seine Untersuchungen brauchte. Sodann verpflichtete sich die Genannte, zu der ihr von der Stiftung zur Verfügung zu stellenden Summe noch einen sehr namhaften Betrag aus eigenen Mitteln zuzuschiessen, wodurch natürlich die Gewinnung einer sehr viel grösseren Ausbeute ermöglicht wurde. Endlich aber erklärte sich Frau Selenka bereit, zur Sicherung der nothwendigen geologischen und paläontologischen Beobachtungen einen Sachverständigen in den Dienst der Expedition zu verpflichten.

Schon im Jahre zuvor machte Hr. Prof. Volz während seiner Reise nach Sumatra auf Bitte von Frau Selenka einen kurzen Aufenthalt auf Java, um noch vor Beginn der Ausgrabungen bei Trinil die Geologie dieses Gebietes zu studiren. Das Ergebniss seiner Untersuchung ging dahin, dass die knochenführenden Schichten, in denen der *Pithecanthropus* gefunden worden war, aus vulcanischen Schlammtuffströmen[2]

[1] Nach der in Folge von Krankheit nothwendig gewordenen Rückreise ihres jetzt verstorbenen Mannes, des Zoologen Selenka.

[2] Vgl. über Schlammtuffströme W. Branco, Schwabens Vulcan-Embryonen. Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg 1894 und 1895, Th. III, Allgemeines über Tuffe S. 688.

beständen und höchstens alt-, vielleicht mitteldiluvialen Alters seien, so dass die, übrigens von vielen ja nicht getheilte Vorstellung, *Pithecanthropus* sei ein directes zeitliches Bindeglied zwischen Mensch und Affe gewesen, vollends hinfällig werde[1].

Schon im selben Jahre, im Juni 1906, wurde mit der Anlage grossartiger künstlicher Aufschlüsse an beiden Gehängen des Soloflusses begonnen. Diese wurden bis in den October des nächsten Jahres 1907 hinein fortgesetzt. Wegen der Bewältigung so grosser Erdarbeiten war es wünschenswerth erschienen, einen in solchen technischen Dingen bewanderten Mann zur Ausführung der tiefen Einschnitte zu gewinnen, der dann in der Person des holländischen Mineningenieurs Oppenoorth das Technische der Grabungen von Anfang Februar 1907 an leitete. Als Geologe kam Mitte März 1907 Hr. Dr. Elbert im Dienste der Expedition nach Trinil. Mitte Juli gab derselbe seine Stellung bei der Expedition auf, machte jedoch im Dienste derselben noch eine etwa 14 tägige Reise in das Pandang. An seine Stelle trat Mitte Juli Hr. Dr. Carthaus, welcher bis zur Beendigung der Ausgrabungen Mitte October dort verblieb.

Da es Frau Selenka wünschenswerth erschien, dass schon jetzt eine kurze Mittheilung über das, was durch die Expedition erreicht wurde, veröffentlicht würde, so stellte sie mir zu diesem Zwecke den ihr von Hrn. Dr. Carthaus übergebenen Bericht und ebenso das von demselben entworfene Profil und die Situationsskizze zur Verfügung. Eine Veröffentlichung einer ausführlichen Arbeit des genannten Herrn ist erst für später geplant.

Die folgenden Darlegungen haben also die Beobachtungen und Aufzeichnungen des in Java weilenden Hrn. Dr. Carthaus zur Grundlage, zu der ich mir eigene Bemerkungen hinzuzufügen gestatten werde.

Die Erlaubniss zur Vornahme der Ausgrabungen bei Trinil und der unverkürzten Ausfuhr der zu gewinnenden Fossilien ist von der Niederländisch-Indischen Regierung in dankenswerthester Weise ertheilt worden; und in wahrhaft fürstlicher Liberalität hat diese hohe Regierung der Expedition nicht nur einen grossen Theil der für die Ausgrabungen nöthigen Arbeiter kostenlos zur Verfügung gestellt und denselben militärische Vorgesetzte beigegeben, sondern auch freie Verfrachtung aller für die Expedition nothwendigen Transporte auf der Insel und freie Fahrt für die Theilnehmer der Expedition bewilligt. Auch noch für dieses Jahr, 1908, hat die Niederländisch-Indische

---

[1] Neues Jahrbuch f. Mineral. etc. Festland 1907, S. 256. Globus, Braunschweig, Bd. 92, 12. Dec. 1907, S. 341.

Regierung der Frau SELENKA eine Erlaubniss zur Vornahme weiterer Ausgrabungen bis zum 1. August gegeben, »soweit solche unter ihrer Leitung stattfinden würden«, so dass sich, nachdem die grossen Aufschlüsse einmal hergestellt sind, die Möglichkeit weiterer Aufsammlungen mit verhältnissmässig geringen Kosten ergiebt.

Der Norddeutsche Lloyd und die Deutsch-Australische Dampfergesellschaft haben durch Gewährung freier Fracht bez. bedeutender Frachtermässigung für die zahlreichen Kisten der Expedition gleichfalls diese wissenschaftliche Expedition in dankenswerther Weise gefördert.

In paläontologischer wie geologischer Beziehung hat die Expedition sehr erfreuliche Ergebnisse gezeigt. Die Ausbeute an fossilen Knochen, welche die Expedition bei Trinil zusammengebracht hat, liegt in Gestalt des Inhalts von einigen 40, zum Theil riesigen Kisten vor uns, so dass sich nun über die mit *Pithecanthropus* vergesellschaftet gewesene Fauna in breitester Weise ein Bild wird gewinnen lassen. Auch die Altersverhältnisse erfahren durch den Bericht des Hrn. Dr. CARTHAUS vollkommene Klärung. E. DUBOIS hatte bekanntlich die Altersgrenze zwischen Jungtertiär und Altdiluvial gesteckt. VOLZ war zu einem mitteldiluvialen Alter gelangt, indem er das Alter des Vulcanes Lawu, welcher das Material zum Aufbau der *Pithecanthropus*-Schichten lieferte, als höchstens altdiluvial feststellte.

Wenn man also bisher wesentlich aus geologischen Gründen, der Lagerung u. s. w., auf ein diluviales Alter der *Pithecanthropus*-Schichten hatte schliessen können, so ist jetzt durch die von der Expedition gesammelten Mollusken aus diesen Schichten das diluviale Alter paläontologisch begründet worden. Auf die fossile Säugerfauna konnte und kann man meiner Ansicht nach bisher eine sichere Altersbestimmung noch nicht begründen, da sie ja erst der genauen Untersuchung harrt.

Die leise Hoffnung freilich, dass ein glücklicher Zufall noch weitere Reste des *Pithecanthropus* der Expedition in den Schoss werfen könnte, hat sich leider nicht erfüllt. Indessen sind doch dort Dinge gefunden, welche diesem zoologisch nahe stehen und hohes Interesse besitzen: Zwei gut erhaltene, zweifellos fossile Zähne, von denen der eine, wie es scheint, einer neuen Anthropomorphengattung, der andere aber einem Menschen angehört. Dieser letztere ist freilich nicht direct in den Knochenschichten gefunden, sondern am Ufer des Flusses. Indessen unterliegt seine Fossilität, meiner Ansicht nach, keinem Zweifel; und aus anderen, als den in Frage stehenden Schichten kann er wohl nicht herrühren.

Der Bericht des Hrn. Dr. CARTHAUS giebt aber noch von weiterem Nahestehenden Kunde. Er berichtet über das Auffinden von Holzkohle und von eigenthümlich gestalteten Knochenstücken, was ihm den

Gedanken nahelegte, dass es sich hier um Spuren menschlicher Thätigkeit handeln könne. Das würde natürlich von ausserordentlicher Wichtigkeit sein, wenn es sich bestätigen sollte; denn wir würden dann in denselben Schichten mit *Pithecanthropus* zusammen bereits Spuren menschlicher Thätigkeit haben; und jener Fund eines Menschenzahnes, dessen Lager sich leider durch directe Beobachtung nicht feststellen lässt, würde dadurch genauer fixirt werden.

Ich möchte mich nun zunächst diesem letzteren Punkte zuwenden, der natürlich nur mit der allergrössten Vorsicht zu prüfen sein wird. Ein sicheres Urteil vermag ich noch nicht abzugeben, da gerade die Kisten, welche den grösseren Theil dieser Stücke enthalten, noch unterwegs sind. Das aber, was ich bis jetzt von diesen Dingen sehen konnte, kann als beweisend nicht gelten.

Vor Allem möchte ich betonen, dass den Stücken von Holzkohle keinerlei Gewicht beigelegt werden darf, da sie in vulcanischem Gebiet und, noch mehr, direct in vulcanischen Tuffen gefunden worden sind; denn die fraglichen Schichten bestehen aus solchen. In vulcanischem Tuffe aber müssen vereinzelte Stücke verkohlten Holzes viel eher auf die Thätigkeit der heissen Asche als auf diejenige des Menschen zurückgeführt werden. Allerdings soll es sich hier bei Trinil um die bei javanischen Vulcanen noch heute nicht seltenen Schlammtuffe handeln, die als durchwässerter Brei zu Thale geflossen und abgelagert sind; und in einem wässerigen Schlammtuffstrome wird freilich keine Verkohlung eintreten können. Wohl aber könnte die Verkohlung von Hölzern geschehen sein an irgend einer anderen Stelle dieses Gebietes, an welcher der Breistrom nicht zu Thale ging; oder aber bei einem anderen Ausbruche, bei dem es überhaupt nicht zur Bildung von Schlammtuffströmen gekommen ist. Die auf solche Weise entstandenen Kohlestückchen konnten dann sehr wohl in einen Schlammtuffstrom später eingewickelt werden. Nur also, wenn man ausgedehnte, directe kohlige Feuerschichten auf der Oberfläche einer der Schichten des Trinilprofiles finden könnte, würde damit der Beweis geführt sein, dass die Kohlen vom Menschen herrühren.

Verdächtiger dagegen erscheinen mir zwei verkohlte Stücke, die ihrer Structur nach nicht aus Holz, sondern aus Knochenmasse bestehen dürften. Hier scheinen thierische Knochen vorzuliegen, die bis in das Innerste hinein in Kohle verwandelt sind. Es ist aber auch hier die Möglichkeit nicht durchaus von der Hand zu weisen, dass ein Thier unter so heisser vulcanischer Asche begraben wäre, dass es verkohlte. Gerade die glühenden Wolken des Mont Pelé haben das ja bekanntlich an ungefähr 30000 Menschen und zahlreichen Thieren erwiesen. Indessen ist doch zu erwägen, dass einmal diese Wolken

des Mont Pelé eine ungemein viel höhere Temperatur besassen, als sie den normal in die Luft aufgestossenen vulcanischen Aschen beim Niederfallen dann noch zukommt; und zweitens habe ich den Berichten über den Ausbruch des Mont Pelé nur entnehmen können, dass bei den glühenden Peléwolken lediglich das Fleisch der Menschen bez. Thiere verkohlt, die Knochen aber nur calcinirt worden seien. Eine so vollkommene Verkohlung von Knochen bis in's Innerste hinein, wie das bei den in Rede stehenden zwei Stücken der Fall ist, könnte daher doch den Gedanken erwecken, dass hier Wirkungen eines vom Menschen erregten Feuers vorliegen; zumal es ja überhaupt höchst fraglich ist, ob bei Trinil überhaupt derartige glühende Wolken ausgestossen worden sind. Selbstverständlich aber bedürfte es sichererer Beweise, um das Dasein des Menschen hier aus dem Bereiche der Möglichkeit in den der Sicherheit zu rücken.

Als verdächtig könnte man ferner eine Anzahl distaler Gelenkenden von Röhrenknochen ansehen wollen, welche von dem Schafte abgebrochen sind. Der Umstand, dass die Bruchfläche immer ziemlich senkrecht zu der Längserstreckung des Knochens steht, kann so gedeutet werden, dass hier mit Absicht durch einen Schlag auf die Epiphyse letztere vom Röhrenknochen abgebrochen sei, um das Mark aus letzterem zu gewinnen; denn bei Bruchflächen, die durch Transport entstehen, werden, so könnte man geltend machen, oft auch mehr der Länge nach gerichtete Bruchflächen entstehen. Hr. Dr. CARTHAUS betont auch eine Schwärzung der Epiphyse, die den Eindruck erwecke, als ob mit Hülfe von Feuer ein Flüssigwerden des Markes bewirkt worden sei. Auch hier scheint mir indessen Vorsicht geboten; denn wenn man nach Abschlagen des distalen Gelenkendes das Mark aus dem Schafte auf solche Weise gewinnen wollte, so würde man doch diesen letzteren erwärmen müssen, nicht aber das erstere. Es würden also die Feuerspuren am Schafte haften müssen, während sie sich doch gerade am Gelenkende befinden. Will man also diese Schwärzung an den Knochen doch auf Feuer zurückführen, so bleibt nichts übrig, als anzunehmen, man habe das Mark durch Feuer flüssig machen wollen, bevor man die Epiphyse abschlug; und das hätte eigentlich keinen Zweck.

Die anderen hier bis jetzt vorliegenden vermeintlichen Spuren menschlicher Thätigkeit müssen wohl gleichfalls zunächst mit grosser Vorsicht betrachtet werden: Einige Stücke von Proboscidier-Stosszähnen könnten ganz sicher mit ihren schneidenden Schärfen als Werkzeug oder Waffe benutzt werden. Ob aber diese Stücke wirklich absichtlich von dem Stosszahne abgesplittert worden sind, das lässt sich durch keinerlei Schlagmarken sicher erweisen.

Von anderen Knochen, welche aufgeschlagen zu sein scheinen, lässt sich meines Erachtens ebenfalls nichts Sicheres sagen. Am auffälligsten erscheinen noch zwei Stücke; ein kleines pfriemförmiges und ein sichelförmig gebogenes, das an beiden Enden zugespitzt ist, darum, weil man sie als Waffe oder Werkzeug benutzen könnte. Ob man sie aber zu diesem Zwecke benutzt oder gar hergestellt hat, lässt sich mit Sicherheit hier nicht sagen.

Selbst also, wenn an anderen Stellen Javas unzweifelhafte Spuren menschlicher Thätigkeit oder gar Reste des Menschen gefunden werden sollten, so wäre nach den mir bisher vorliegenden Stücken ein Gleiches für Trinil noch keineswegs erwiesen. Es müsste auch weiter die Gleichaltrigkeit, d. h. also das diluviale Alter, dieser an anderen Stellen Javas gemachten Funde dann mit diesen Trinilschichten nachgewiesen werden; denn sehr leicht könnte es ja sein, dass man in jüngeren Ablagerungen, als die Trinilschichten es sind, menschliche Spuren an anderen Orten Javas fände; und dann dürfte man selbst verständlich aus diesen nicht Rückschlüsse auf das in den älteren Trinilschichten Gefundene machen.

Das Gesagte bezieht sich wie gesagt nur auf das mir zur Zeit vorliegende Material. Diesem gegenüber ist meiner Ansicht nach grosse Zurückhaltung geboten. Nun schreibt aber Hr. Dr. Carthaus, dass auch noch 3 oder 4 Körbchen voll kleiner Knochensplitter gesammelt seien, an denen er deutlich die Zeichen menschlicher Bearbeitung festgestellt habe. Da diese Stücke noch nicht angekommen sind, so fehlt mir jedes Urtheil über dieselben.

Das Weiteren berichtet Hr. Dr. Carthaus über die von ihm gemachten geologischen Beobachtungen bei Trinil, und ich entnehme diesem längeren Berichte in verkürztem Auszuge das folgende Schichtenprofil sowie die beiden unten wiedergegebenen Kartenskizzen nach ihrer verkleinerten Copie durch die Assistenten am Geologisch-Paläontologischen Institute, Hrn. Dr. Hennig (Fig. 1) und Hrn. Kronecker (Fig. 2). Die Nummern der hier aufgeführten Schichten entsprechen den Nummern, welche sie in dem Profile (Fig. 2) haben. Zur besseren Orientirung gebe ich in Fig. 1 auch einen Theil der Situationskarte wieder, welche Hr. Dr. Carthaus von diesem Gebiete eingesandt hat. Es lassen sich daraus der Verlauf des Solo-Flusses bei Trinil sowie die Lage der beiden künstlichen Aufschlüsse (Bruch I und II) erkennen.

I. Marine Schichten.

Die knochenführenden Schichten von Trinil werden nördlich von Trinil, bei Sondé, unterlagert von sehr jungen marinen Schichten,

die wesentlich aus Mergeln und Kalken bestehen; und nördlich von Ngavi werden diese letzteren dann wiederum unterteuft von pliocänen und selbst miocänen Schichten, die vorherrschend aus Sanden und Conglomeraten gebildet sind.

1. Die pliocänen Meeresschichten führen eine sehr reiche Fauna, die in einem Thonmergel liegt, welcher hauptsächlich aus vulcanischem Material besteht. Carthaus hat in diesen nicht weniger als 250 Species gesammelt, die meist den Lamellibranchiaten und Gastropoden angehören, jedoch auch von einigen Echinodermen, Brachyuren, Fischen und einem Vogel herrühren. Der Umstand, dass beide Klappen der Muscheln fast stets mehr oder weniger geschlossen sind, weist nach Carthaus darauf hin, dass alle diese Thiere bei einem vulcanischen Ausbruche plötzlich zu Grunde gegangen seien. Auch eine Korallenbank, welche diese Molluskenschichten überlagert, wurde festgestellt (s. Fig. 1).

Ein kleines Kistchen mit einer Auswahl besonders bezeichnender Molluskenschalen wurde von Trinil aus nach Leyden an den genauen Kenner dieser Dinge, Hrn. Prof. Martin, mit der Bitte um freundliche Bestimmung derselben gesandt. Das Ergebniss dieser Untersuchung wird mir von Frau Selenka mit der Bitte um Mittheilung an dieser Stelle übergeben. Hr. Martin schreibt zunächst, dass Fräulein Icke in seinem Institut die Bestimmungen vorgenommen habe und fährt dann fort:

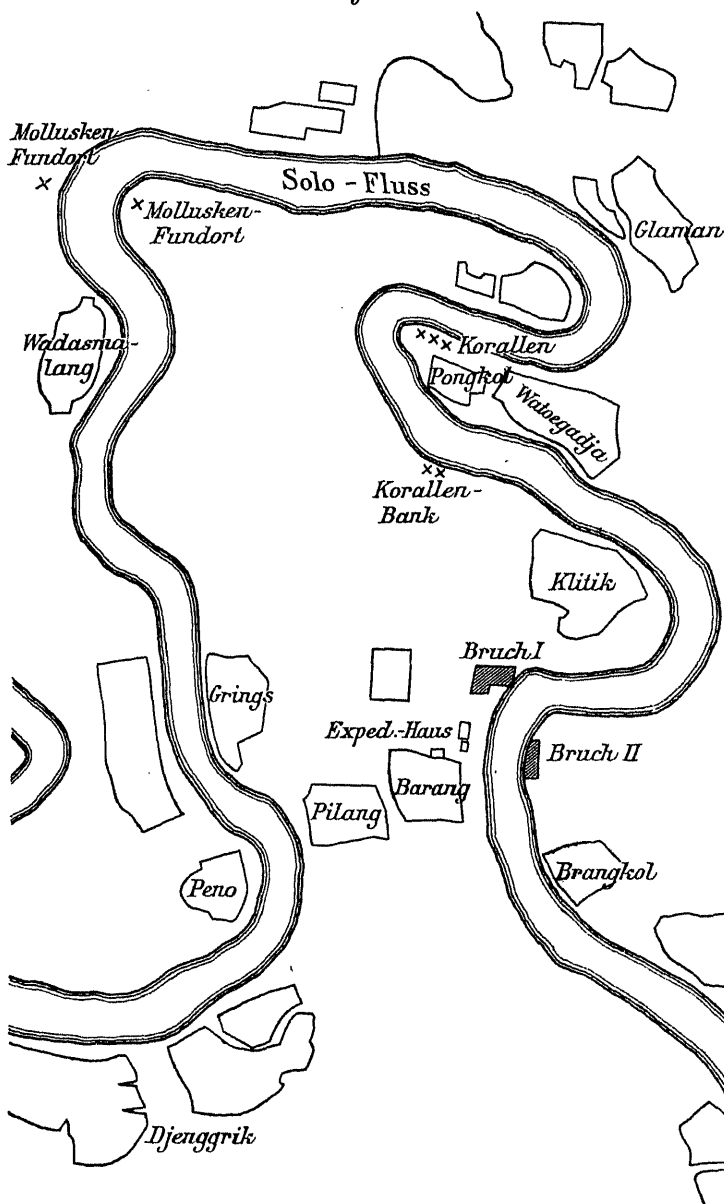
»Alle Arten, welche bestimmt werden konnten, habe ich bereits von Sondé beschrieben.«

»Unter dem Materiale, welches Sie von Sondé sandten, befinden sich 6 Arten, welche überhaupt von keinem anderen Fundorte bekannt sind, während 9 von den 21 Species zu den häufigeren Versteinungen des von mir bearbeiteten Fundorts gehören. Unter den 21 Arten befinden sich 57 Procent noch lebender Arten.«

»Unter den 15 Arten von Padas Malang gehören 10 zu den häufigeren Vorkommnissen des von mir bearbeiteten Fundorts von Sondé; 1 ist bisher nur von Sondé bekannt. Reichlich 53 Procent der Arten kommt noch lebend vor.«

»Ein nennenswerther Altersunterschied zwischen den Schichten von Sondé, welche ich früher behandelt habe, und dem von Ihnen gesandten Material von Sondé und Padas Malang kann somit unmöglich bestehen. Alles ist als Pliocän zu betrachten, indem mehr als 50 Procent lebender Arten nachgewiesen sind. Doch ist dieser berechnete Procentsatz unzweifelhaft noch niedriger als der wirkliche, da die indische Fauna noch keineswegs vollständig bekannt ist.«

Fig. 1.



2. Über diesen fossilreichen thonigen Schichten liegt eine Korallenbank, deren Versteinerungen noch nicht näher bestimmt sind. Sie hat $1\frac{1}{2}$—2 m Mächtigkeit, keilt sich jedoch auch aus.

II. Süsswasser- bez. terrestrische Schichten.

Diese pliocänen marinen Schichten von Sondé werden nun überlagert von einer Schichtenfolge, die wohl wesentlich oder ganz aus vulcanischem Material besteht und zum Theil ein sandsteinartiges

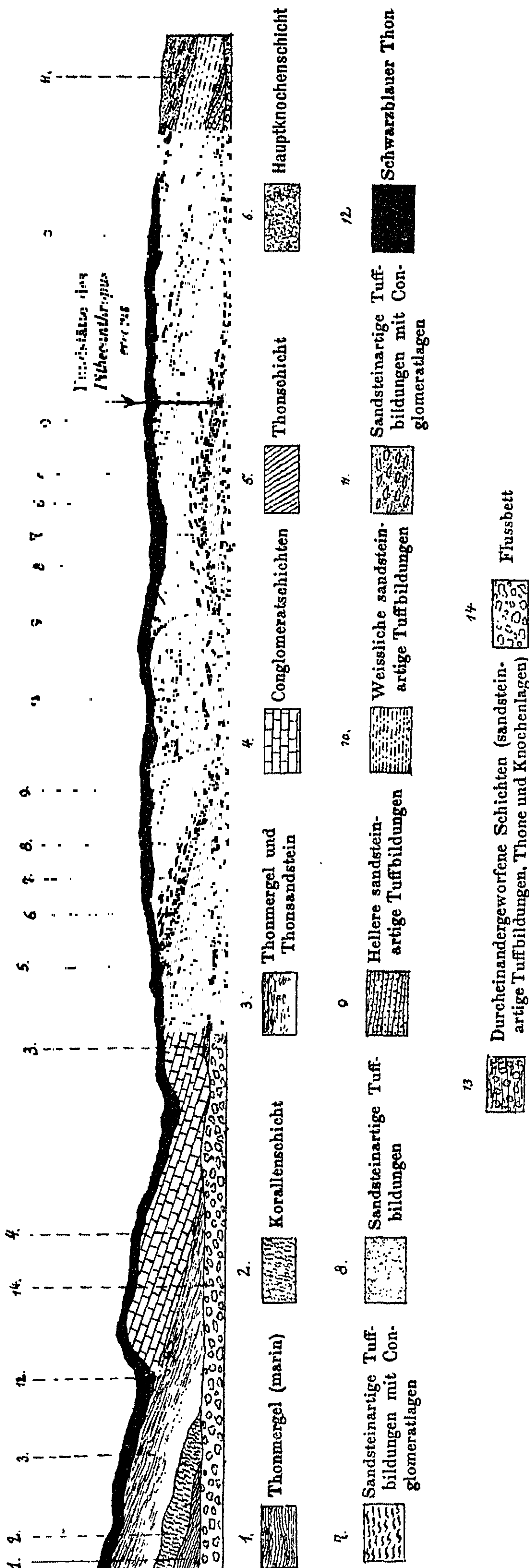


Fig. 2.

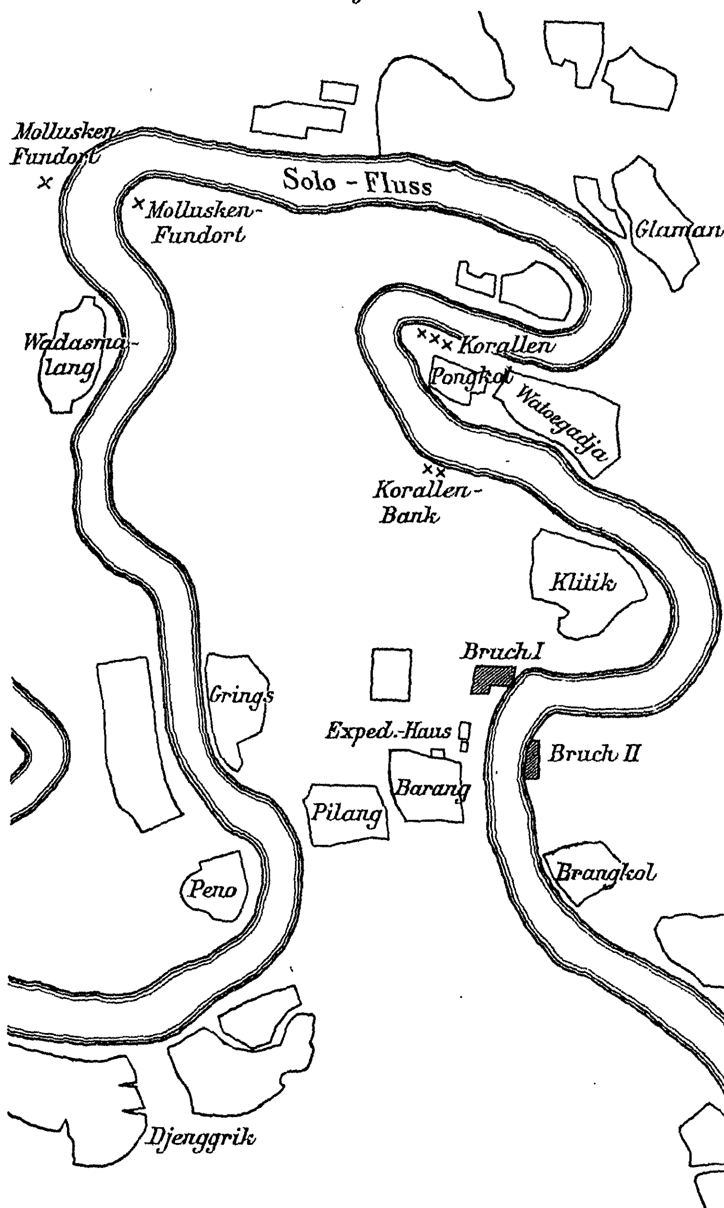
Gefüge angenommen hat. Inmitten dieser Schichtenfolge liegt die knochenführende Ablagerung.

Hr. Dr. Carthaus giebt die folgende Gliederung:

3. Zu unterst macht sich eine Bank mit Melanien, Paludinen, Ampullarien u. s. w. kenntlich, wodurch also erwiesen wird, dass hier bereits Süsswasserbildung eingetreten ist.

4. Über diesen liegt eine mehrere Meter mächtige Ablagerung aus Stücken von Augit- und Hornblende-Andesit und Bimsstein in buntem Durcheinander, die »Conglomeratschichten« des Profiles. Wären diese Stücke bei einem Ausbruche in klares Wasser gefallen, so würden die porösen, lange schwimmenden Bimssteinstücke von den schweren, sogleich zu Boden sinkenden Andesitstücken getrennt worden sein und obenauf liegen müssen. Das ist aber nicht der Fall, sondern beide liegen in buntem Durcheinander. Es handelt sich daher hier jedenfalls, wie Carthaus betont, um einen der bereits vorgreifend erwähnten, mehr oder weniger dickflüssigen Schlammtuffströme. In diesen Schichten fanden sich bereits einige wenige Knochen-

Fig. 1.



2. Über diesen fossilreichen thonigen Schichten liegt eine Korallenbank, deren Versteinerungen noch nicht näher bestimmt sind. Sie hat $1\frac{1}{2}$—2 m Mächtigkeit, keilt sich jedoch auch aus.

II. Süsswasser- bez. terrestrische Schichten.

Diese pliocänen marinen Schichten von Sondé werden nun überlagert von einer Schichtenfolge, die wohl wesentlich oder ganz aus vulcanischem Material besteht und zum Theil ein sandsteinartiges

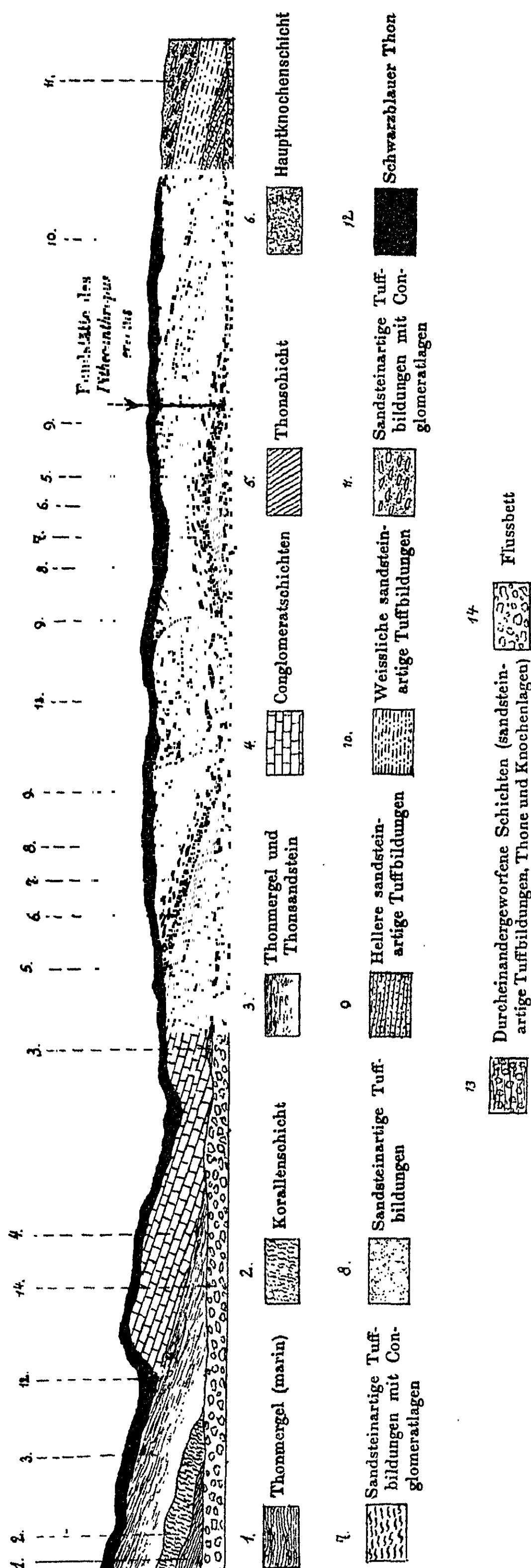


Fig. 2.

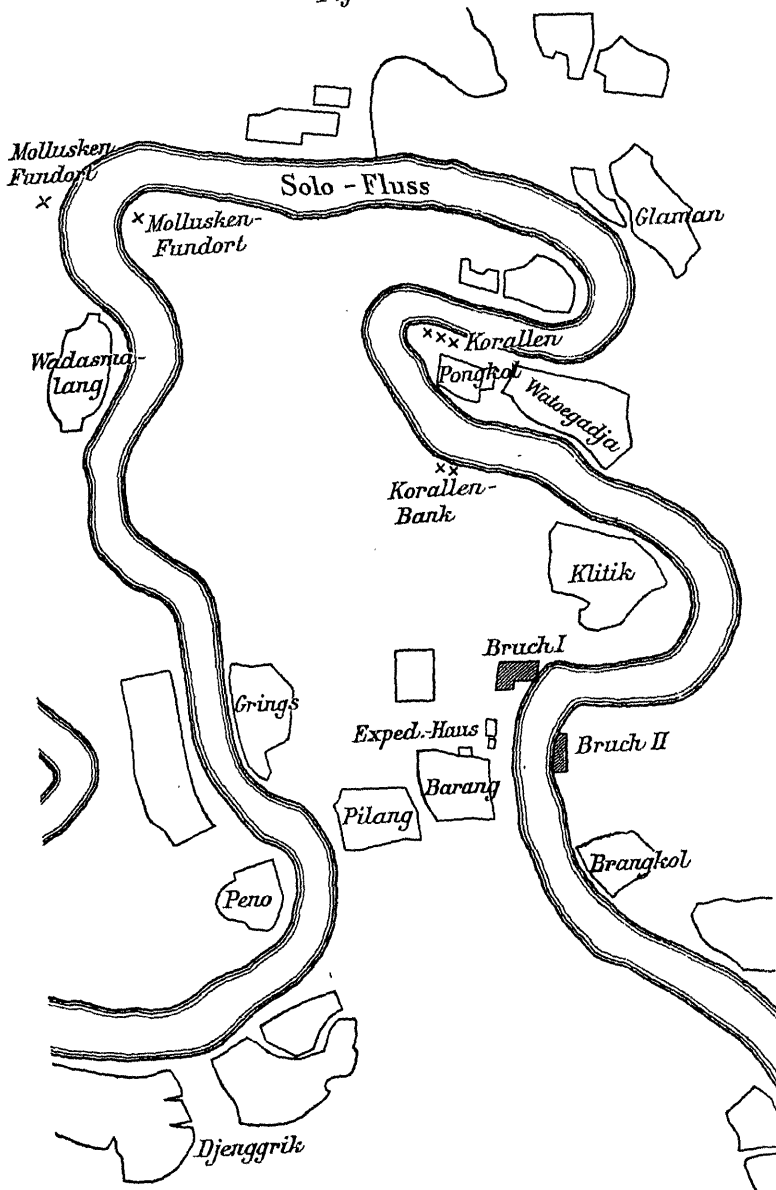
Gefüge angenommen hat. Inmitten dieser Schichtenfolge liegt die knochenführende Ablagerung.

Hr. Dr. Carthaus giebt die folgende Gliederung:

3. Zu unterst macht sich eine Bank mit Melanien, Paludinen, Ampullarien u. s. w. kenntlich, wodurch also erwiesen wird, dass hier bereits Süsswasserbildung eingetreten ist.

4. Über diesen liegt eine mehrere Meter mächtige Ablagerung aus Stücken von Augit- und Hornblende-Andesit und Bimsstein in buntem Durcheinander, die »Conglomeratschichten« des Profiles. Wären diese Stücke bei einem Ausbruche in klares Wasser gefallen, so würden die porösen, lange schwimmenden Bimssteinstücke von den schweren, sogleich zu Boden sinkenden Andesitstücken getrennt worden sein und obenauf liegen müssen. Das ist aber nicht der Fall, sondern beide liegen in buntem Durcheinander. Es handelt sich daher hier jedenfalls, wie Carthaus betont, um einen der bereits vorgreifend erwähnten, mehr oder weniger dickflüssigen Schlammtuffströme. In diesen Schichten fanden sich bereits einige wenige Knochen-

Fig. 1.



2. Über diesen fossilreichen thonigen Schichten liegt eine Korallenbank, deren Versteinerungen noch nicht näher bestimmt sind. Sie hat $1\frac{1}{2}$—2 m Mächtigkeit, keilt sich jedoch auch aus.

II. Süsswasser- bez. terrestrische Schichten.

Diese pliocänen marinen Schichten von Sondé werden nun überlagert von einer Schichtenfolge, die wohl wesentlich oder ganz aus vulcanischem Material besteht und zum Theil ein sandsteinartiges

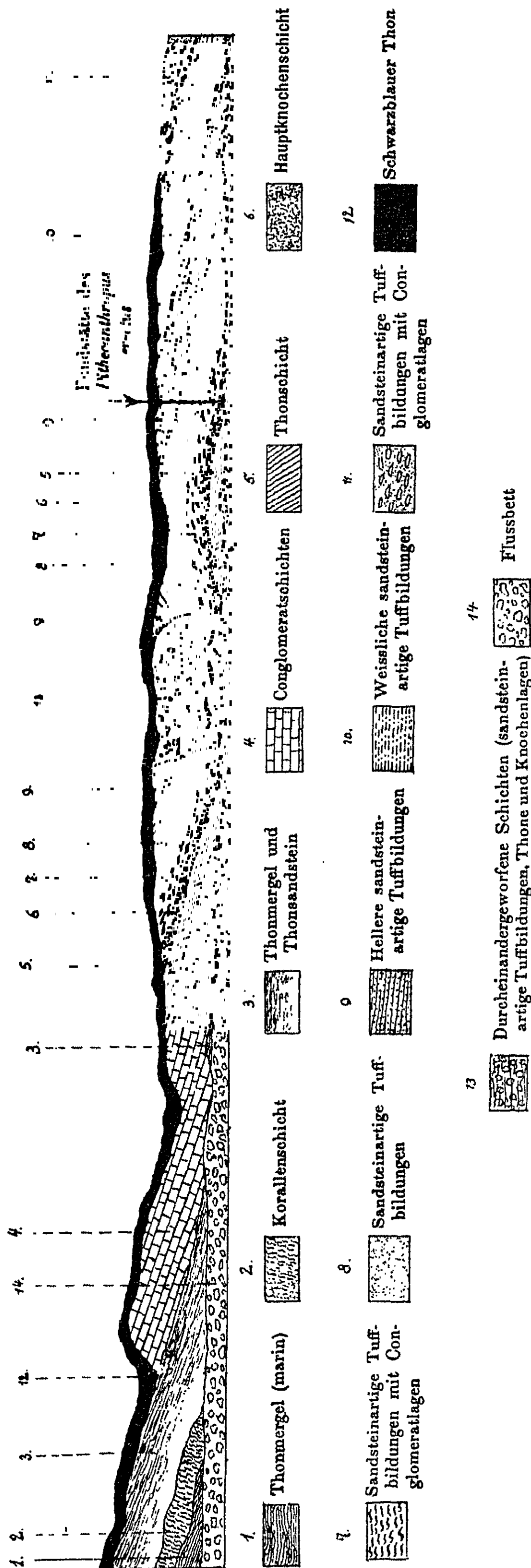


Fig. 2.

Gefüge angenommen hat. Inmitten dieser Schichtenfolge liegt die knochenführende Ablagerung.

Hr. Dr. Carthaus giebt die folgende Gliederung:

3. Zu unterst macht sich eine Bank mit Melanien, Paludinen, Ampullarien u. s. w. kenntlich, wodurch also erwiesen wird, dass hier bereits Süsswasserbildung eingetreten ist.

4. Über diesen liegt eine mehrere Meter mächtige Ablagerung aus Stücken von Augit- und Hornblende-Andesit und Bimsstein in buntem Durcheinander, die »Conglomeratschichten« des Profiles. Wären diese Stücke bei einem Ausbruche in klares Wasser gefallen, so würden die porösen, lange schwimmenden Bimssteinstücke von den schweren, sogleich zu Boden sinkenden Andesitstücken getrennt worden sein und obenauf liegen müssen. Das ist aber nicht der Fall, sondern beide liegen in buntem Durcheinander. Es handelt sich daher hier jedenfalls, wie Carthaus betont, um einen der bereits vorgreifend erwähnten, mehr oder weniger dickflüssigen Schlammtuffströme. In diesen Schichten fanden sich bereits einige wenige Knochen-

reste. Nach oben geht Schicht 4 vielfach in eine mehr thonige Masse (5) über.

6. Erst über diesen aber folgt die *Hauptknochenschicht*, wie CARTHAUS sie benennt, in einer Mächtigkeit von 0.40 bis 1 m. Das Gestein derselben ist ebenfalls vulcanischer Herkunft, besteht jedoch aus feineren Massen von Aschen und Lapilli, in denen sich nur vereinzelt grössere Andesitstücke finden. Ausser den zahllosen Knochen fanden sich aber auch einige Molluskenschalen in dieser Schicht, von denen sogleich Näheres angegeben werden wird.

Ganz ebenso wie unter dieser Hauptknochenschicht bereits vereinzelte Knochen auftreten, so liegen auch in den höheren Schichten dann und wann noch vereinzelte Knochen.

Über die in dieser Schicht gefundenen Mollusken schreibt Hr. Prof. MARTIN an Frau SELENKA das Folgende:

»Fräulein H. ICKE ist mit der Bestimmung der Fossilien aus der Knochenschicht von Trinil fertig. Es gelang ihr, die folgenden Arten zu bestimmen: *Bulimus citrinus* BRUG., *Melania testudinaria* v. D. BUSCH var., *M. verrucosa* HIND., *M. granum* v. D. BUSCH, *M. infracostata* MOUSSON, *M. Sarrinieri* BROT., *Paludina javanica* v. D. BUSCH, *Ampullaria ampullacea* LINN. Alle acht Arten sind noch lebend, nur die eine Varietät weicht ein wenig von dem recenten Vertreter ab.«

»Unbestimmt blieben nur: 1. zwei schlecht erhaltene Schalen von Melania, 2. eine gebrochene Gastropodenschale, 3. zwei Arten von Unio, die hier wegen mangelnden Vergleichsmaterials nicht bestimmt werden konnten. Immerhin sind die vorgenommenen Bestimmungen von Gastropoden derart befriedigend, dass sich aus ihnen mit absoluter Sicherheit ein posttertiäres Alter der betreffenden Schichten herleiten lässt. Sie können Alles ruhig zum Quartär rechnen.«

Durch diese von der Expedition gefundenen Mollusken ist nun zum ersten Male mit völliger paläontologischer Sicherheit das diluviale Alter des *Pithecanthropus* erwiesen (vergl. S. 3). Die mit *Pithecanthropus* vergesellschaftete Säugerfauna wird erst nach genauer Bestimmung der Arten zur weiteren Bestätigung dieser Schlüsse herangezogen werden können.

Über der Hauptknochenschicht hat CARTHAUS in dem Profile noch 5 weitere Schichten unterschieden, Nr. 7 bis 11 des Profiles. Ich bin, da zweimal von localen, und im Ganzen von 6 Schichten die Rede ist, nicht völlig sicher, ob sich im Folgenden die hier im Texte gegebenen Schichtennummern mit denen des Profiles genau decken, oder um eins verschieben; denn auch die Bezeichnungsweise der

Schichten in Text und Profil correspondiren nicht. Indessen ist das von keinerlei Belang.

7. Local liegt auf Schicht 6 eine bituminöse Thonschicht, welche von Interesse ist durch die zahlreichen fossilen Blattabdrücke.

Über diese Pflanzenreste entnehme ich einem Berichte des Hrn. Dr. Valeton, Buitenzorg, verkürzt, das Folgende:

»Von Blattabdrücken fällt zunächst eine grosse Zahl unter sich ähnlicher Formen auf, welche denen der *Derris elliptica*, einer Liane, besonders gleichen; nur hat diese Art die Eigenthümlichkeit, theils elliptische, theils oboval-längliche Blättchen zu besitzen, während jene fossilen Blätter ausschliesslich nur letztere Form, nie die elliptische, zeigen. Absolut sicher aber ist diese Bestimmung nicht, da ähnliche Blattformen auch bei vielen anderen Pflanzen vorkommen.«

»Mehrere Abdrücke mahnen sodann an 2 Ficus-Arten. Ein einziger Abdruck dürfte mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit zu *Mallotus moluccensis* gehören. Ein einziger Fruchtrest gleicht ausserordentlich einer Schima-Frucht.«

»Ausserdem fanden sich aber noch weiche Massen von pflanzlichem Detritus, welcher wesentlich nur die Blattnerven gut erkennen lässt. Es scheinen hauptsächlich Grashalme zu sein.«

»Das ist aber auch Alles, was sich über diese schlechten Blattreste sagen lässt. Alle anders lautenden Angaben sind hinfällig. Ebenso unhaltbar sind auch die gemachten Versuche, aus diesen Pflanzen auf ein kälteres Klima schliessen zu wollen, unter dem diese Ablagerungen bei Trinil zu diluvialer Zeit sich gebildet hätten; denn die genannten Pflanzen leben vom Meeresstrande an bis zu 1 500 m Meereshöhe.« Zu einem gleichen Schlusse kommt auch Hr. Dr. Carthaus, indem er betont, dass die von ihm gesammelten, bereits besprochenen Süsswasserkonchylien solche Formen seien, die dort nie in kühlere Bergregionen hinaufrücken.

Aber auch noch andere pflanzliche Reste, auf welche Carthaus Gewicht legt, fanden sich hier wie auch bereits tiefer, in der Hauptknochenschicht. Es sind das grosse Stücke von Holz, die eine so sehr gute Erhaltung zeigen, dass er allein daraus schon auf ein recht jugendliches Alter dieser Ablagerung schliessen möchte. Einige dieser nach Berlin geschickten Holzstücke zeigen, dass es sich um dunkelgefärbtes, aber keineswegs verkohltes Holz handelt, welches an das Holz aus Torfmooren erinnert.

8. Über dieser localen Schicht, oder, wo diese fehlt, direct über der Hauptknochenschicht, folgt eine weissstreifige, weiche, etwa 1 m mächtige vulcanische Tuffbildung, die einen sandsteinartigen Eindruck macht, da sie aus gleichmässigen Körnchen von Asche besteht.

9. Die Schicht 8 wird durch eine Wand grauen sandsteinähnlichen Gesteines überlagert, in welcher sich Schmitzen dunklen Thones befinden. Dieser Thon führt Schalen von Melania, Limnäus und Unio.

10. In mehreren Metern Mächtigkeit folgt nun der graugrüne »Laharsandstein«, wie Carthaus ihn nennt: Weisse Körnchen vulcanischen Materiales sind mit chloritartigen gemengt, die wohl aus der Zersetzung von Augit oder Hornblende entstanden sind. Den Namen Lahar hat Carthaus gewählt, weil die Javaner mit diesem Namen die Schlammtuffströme benennen, welche ja noch heute nicht selten von den dortigen Vulcanen ihren Ursprung nehmen.

11. Nun kommen Bänke hellen thonigen Sandsteines, aus andesitischer Asche gebildet, bis zu 2^{m}50 Gesammtmächtigkeit. Oben wird diese Ablagerung zum Theil überdeckt von Geröllagen. Zahlreiche Kalkconcretionen durchsetzen diese Bänke.

Ganz local liegt über den genannten Bänken eine »fluviatile Bildung, das heisst ein in grossen Klötzen vorkommender brauner Thonsandstein«. Mir scheint das so zu verstehen zu sein, dass dieses Gestein sich senkrecht verklüftet zeigt: Ein Vorgang, wie er bei dem Austrocknen eines Schlammtuffstromes sich gewiss leicht einstellen kann.

12. Zu oberst liegt, mehr als 2^{m} mächtig, übergreifend über alle diese Schichten ausgegossen, ein eigentümlich zäher blauschwarzer Thon, wohl die alluviale Verwitterungs- und Humusschicht.

Nach Carthaus ist es wahrscheinlich, dass alle diese vulcanischen Massen von dem Vulcane Wilis herabgekommen sind; doch könne auch der Lawu-Vulcan sich daran betheiligt haben.

Bezüglich des Verhaltens der Knochen bei Trinil möchte ich mir einige Bemerkungen erlauben. Aus der Darstellung geht hervor, dass sie sich hauptsächlich in der Hauptknochenschicht finden, die nur die geringe Mächtigkeit von 0.40 bis 1 m besitzt. Es liegt also auf der Hand, dass eine Zusammenschwemmung, entweder zahlreicher ganzer Thiere oder Thierknochen, durch einen einzigen Act erfolgt sein muss. Nun hebt aber Carthaus hervor, »dass sehr selten alle Knochen eines Thieres zusammenliegen; es müsse also ein gewisser Transport der Thiere stattgefunden haben. Auf der anderen Seite aber könnten die Thiere doch nicht weit verfrachtet sein, denn die Knochen seien an allen Ecken und Kanten gut erhalten«, was freilich auch zum Theil durch die grosse Weichheit des Schlammtuffstromes, in dem sie transportirt wurden, seine Erklärung finden könnte. Hält man sich nun die zahlreichen Schilderungen der Wirkung jäh hereinbrechender Schlammtuffströme vor Augen, so sieht man, daß grosse Heerden lebender Thiere plötzlich fortgerissen, ertränkt bez. im Schlamme erstickt und mit demselben an irgend einer Stelle abgelagert werden. Bei einem solchen

Bilde aber, so scheint mir, liegt auf der Hand, dass ein jedes dieser zahlreichen Thiere da, wo es begraben wurde, als Ganzes verfaulen muss, so dass nun von einem jeden derselben auch das ganze zusammengehörige Skelett vorhanden sein muss; natürlich abgesehen von einzelnen, durch Blöcke abgerissenen oder abgequetschten Gliedern.

Aus dem Umstande aber, dass bei Trinil gerade umgekehrt nur ganz ausnahmsweise die ganzen, zusammengehörenden Skelette gefunden werden, scheint mir nun hervorzugehen, dass hier entweder bereits an anderen Orten gelegene Skelette von dem Schlammtuffstrome mitgerissen, ihre Knochen dabei getrennt und dann durcheinander abgelagert worden sind; oder dass zwar lebende Thiere plötzlich ertränkt, ihre Cadaver aber lange Zeit in einem Wasserbecken oder in einem fliessenden Gewässer gelegen haben, bevor sie eingebettet wurden; solange, dass sie erst macerirt wurden, auf diese Weise ihre Skelette auseinander fielen und ihre Knochen dann durcheinander eingebettet werden konnten.

Auf jeden Fall dürfte sich ergeben, dass wir uns nicht einfach nur einen hereinbrechenden Schlammtuffstrom bei Trinil vorstellen dürfen, der die Thiere sofort begrub, sondern dass, wie ja auch Carthaus hervorhebt, der Vorgang ein etwas complicirterer gewesen sein muss. Solche Schlammtuffströme suchen erklärlicher Weise mit Vorliebe die Betten von Bächen und Flüssen auf, mit denen sie sich dann vereinen. Dadurch entstehen die verschiedensten Grade von Dünn- bez. Dickflüssigkeit, und es können auch durch den Schlamm und die Schuttmassen die Flüsse abgedämmt und zum Austritt gezwungen werden, so dass seeartige Becken entstehen, in welchen dann die Cadaver längere Zeit liegen. In diese Becken können nun zu wiederholten Malen Schlammtuffströme sich ergiessen, so dass dann erst allmählich eine Einbettung der Cadaver bez. ihrer einzelnen Theile erfolgt. In solcher Weise könnte man eine Erklärung versuchen wollen. Erwägt man nun aber, dass die Hauptknochenschicht nur 0.4—1 m mächtig ist, so leuchtet ein, dass hier von einem solchen allmählichen Einbetten nicht die Rede sein kann, sondern dass man sich dennoch einen einzigen plötzlichen Akt denken muss. Bei einem solchen aber macht sich wiederum die oben betonte Schwierigkeit geltend, dass die Knochen nicht zu ganzen Skeletten vereinigt sind.

Das Reflexionsvermögen des Wassers.

Von H. Rubens und Dr. E. Ladenburg.

(Vorgetragen in der Sitzung am 20. Februar 1908 [s. oben S. 209].)

Die Kenntnis der optischen Eigenschaften des Wassers ist nicht nur für den Physiker, sondern auch für den Physiologen und Meteorologen von großer Bedeutung. Dementsprechend sind zahlreiche Untersuchungen ausgeführt worden, welche die Messung der Absorption und Dispersion des Wassers in flüssigem und gasförmigem Zustande zum Gegenstand haben. Die Absorption des flüssigen Wassers ist in dem Spektralgebiet von 0.2 μ bis 8.0 μ ziemlich genau bekannt[1]. Für den Wasserdampf[2] erstrecken sich die Absorptionsmessungen sogar bis zur Wellenlänge $\lambda = 20\,\mu$. Über die Dispersion des Wassers wissen wir, besonders im Gebiet langer Wellen, erheblich weniger. Im Ultraviolett freilich sind die Schwierigkeiten der Dispersionsmessung wegen der guten Durchlässigkeit des Wassers nur gering. Hier liegen ausgedehnte Beobachtungen vor, welche von der Durchlässigkeitsgrenze des Wassers bei 0.2 μ bis in das sichtbare Spektralgebiet reichen[3]. Im Ultraroten bereitet die dicht hinter dem roten Ende des sichtbaren Spektrums beginnende starke Absorption den Dispersionsmessungen große Schwierigkeiten. Durch die Benutzung der Prismenmethode gelang es bis zur Wellenlänge 1.2 μ vorzudringen[4]. Die Anwendung der refraktometrischen Methode hat es neuerdings möglich gemacht, die Dispersion des Wassers bis zur Wellenlänge 2.1 μ zu ermitteln[5].

Leider kann man an der Hand dieser Dispersionsmessungen noch nicht mit Sicherheit die Frage beantworten, an welcher Stelle des ultraroten Spektrums das Wasser die Gebiete metallischer Reflexion

---

[1] Kreusler, Ann. d. Phys. 6, S. 412, 1901. — E. Aschkinass, Wied. Ann. 55, S. 401, 1895. — F. Paschen, Wied. Ann. 51, S. 1; 52, S. 209, 1894.

[2] H. Rubens und E. Aschkinass, Wied. Ann. 64, S. 584, 1898.

[3] H. Th. Simon, Wied. Ann. 53, S. 542, 1894. — E. Flatow, Ann. d. Phys. 12, S. 85, 1903.

[4] H. Rubens, Wied. Ann. 45, S. 238, 1892.

[5] F. Seegert, Diss. Berlin 1908.

besitzt, welche auf Grund der hohen Dielektrizitätskonstanten zu erwarten sind. Freilich läßt sich unter der Annahme, daß nur ein solches Spektralgebiet vorhanden ist, und mit Benutzung der Dielektrizitätskonstanten aus der Dispersion des Wassers in dem bisher untersuchten Gebiet ein bestimmter Wert für die Wellenlänge berechnen, für welche Wasser metallisch reflektiert[1], und es ergibt sich diese Wellenlänge aus den genannten Daten zu 79 μ.

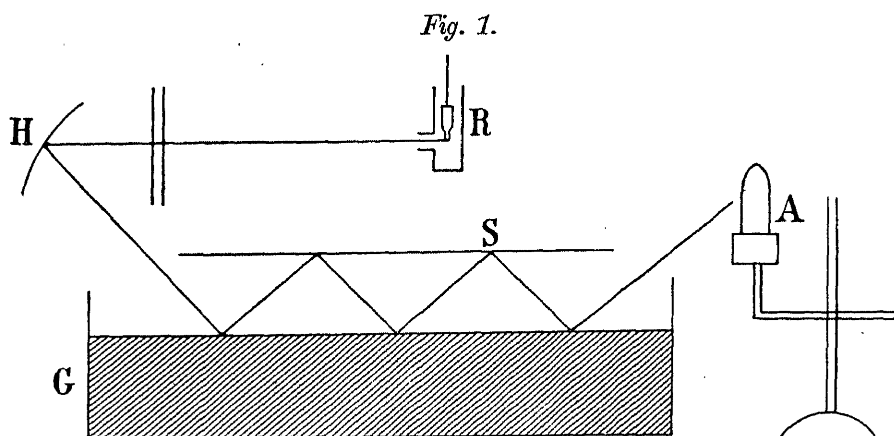
Dieses Resultat scheint insofern eine Bestätigung zu finden, als die Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin, deren Wellenlänge (51 μ bzw. 61 μ) sich derjenigen des so berechneten Gebietes metallischer Reflexion bei dem Wasser nähert, von Wasser und selbst von Wasserdampf stark absorbiert werden[2]. Andere Angaben über das Reflexionsvermögen des Wassers sind bis jetzt kaum vorhanden.

Wir haben uns die Aufgabe gestellt, das Reflexionsvermögen des Wassers einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen. Derartige Messungen lassen sich innerhalb eines viel größeren Spektralbereiches ausführen als die Bestimmungen der Dispersion, da man hierbei nicht auf die Gebiete größerer Durchlässigkeit angewiesen ist.

Um zunächst festzustellen, ob Wasser überhaupt innerhalb des der Untersuchung zugänglichen Spektrums selektive Reflexion besitzt, haben wir die Reststrahlen des Wassers (den nach mehrfacher Reflexion an Wasserflächen übrigbleibenden Teil der Gesamtstrahlung einer Strahlungsquelle) einer sorgfältigen Prüfung unterworfen.

Zur Erzeugung der Reststrahlen diente die folgende Anordnung:

Fig. 1.



Ein Glastrog G von 42 cm Länge, 7.5 cm Breite und 7.5 cm Tiefe wurde bis zu $\frac{2}{3}$ seiner Höhe mit Wasser gefüllt. Über dem-

[1] P. Drude, Physik des Äthers S. 533.
[2] H. Rubens und E. Aschkinass, Wied. Ann. 65, S. 241, 1898.

selben befand sich ein 30 cm langer, 10 cm breiter horizontaler, ebener Glasspiegel S, welcher auf der Unterseite versilbert war. Die von der Lichtquelle A (Auerbrenner ohne Zugglas) ausgehenden Strahlen wurden in der in Fig. 1 angedeuteten Weise abwechselnd an der Flüssigkeitsoberfläche und an dem Silberspiegel S reflektiert und gelangten dann in einen Hohlspiegel H, welcher sie auf der temperaturempfindlichen Lötstelle eines Boysschen Mikroradiometers R vereinigte. Da das Reflexionsvermögen des Silbers im ultraroten Spektrum nahezu konstant ist und einen sehr hohen Wert besitzt (97—100 Prozent), so bedingt die Silberreflexion hier keine wesentliche Veränderung in der Stärke und Zusammensetzung der Strahlung, und alle beobachteten Eigentümlichkeiten der Reststrahlen sind auf die selektive Reflexion der Flüssigkeitsoberfläche zurückzuführen. Durch Veränderung der in dem Trog enthaltenen Flüssigkeitsmenge ließ sich der Abstand zwischen dem Spiegel S und der Flüssigkeitsoberfläche derart variieren, daß nach Wunsch 3, 4 oder 5 Reflexionen an dieser Oberfläche stattfanden. Um den Charakter der beobachteten Reststrahlung festzustellen, haben wir nicht die Methode der spektralen Zerlegung durch Prisma oder Gitter angewandt, sondern uns mit der Feststellung der Durchlässigkeit begnügt, welche einige Substanzen von bekanntem Absorptionsspektrum für die untersuchte Strahlung besitzen. Auch hieraus läßt sich ein einigermaßen deutliches Bild von der spektralen Zusammensetzung der untersuchten Strahlung gewinnen. Als Versuchskörper für die Durchlässigkeitsprüfung wurden Platten von Quarz, Flußspat und Steinsalz verwendet. Die benutzte Quarzplatte (senkrecht zur Achse geschnitten, 12 mm dick) zeigt eine Absorption, welche bei 2.5 μ beginnt und bei 4 μ bereits nahezu vollständig ist; die Fluoritplatte (6.5 mm dick) beginnt bei 7 μ zu absorbieren und absorbiert alle Strahlen jenseits 12 μ vollständig. Die Steinsalzplatte (17 mm dick) ist bis 12 μ vollkommen durchsichtig und absorbiert alle Strahlen von größerer Wellenlänge als 19 μ.

Tabelle 1.

Art der Strahlung	Durchlässigkeit in Prozenten		
	Quarz	Flußspat	Steinsalz
Gesamtstrahlung des Auerbrenners	19	64	85.5
Reststrahlen von Wasser:			
3 Reflexionen	9.7	42	68
4 Reflexionen	—	26.7	54
Reststrahlen von Alkohol:			
3 Reflexionen	18.7	57.5	78.2

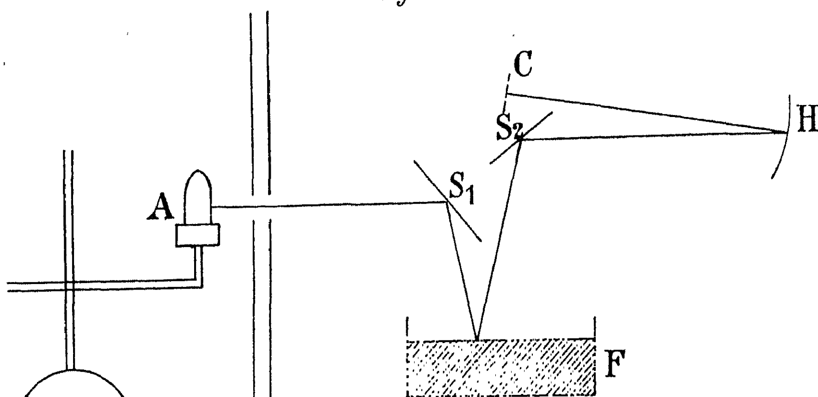
Tabelle 1 gibt Aufschluß über die erhaltenen Resultate. In der ersten Spalte ist die Art der Strahlung näher beschrieben, für welche die in der zweiten bis vierten verzeichneten Durchlässigkeiten beobachtet worden sind. Die erste Horizontalreihe gilt für die Gesamtstrahlung des Auerbrenners; die folgenden beiden für die nach drei- bzw. vierfacher Reflexion an Wasseroberflächen übrigbleibenden Reststrahlen. Die vierte Reihe bezieht sich auf die Reststrahlen von 96 prozentigem Alkohol. Aus der zweiten und dritten Horizontalreihe ist zu ersehen, daß die Strahlung nach mehrfacher Reflexion an Wasserflächen von sämtlichen Probeplatten stärker absorbiert wird als im ursprünglichen Zustande, aber in allen Fällen besteht auch nach vier Reflexionen eine noch merkliche Durchlässigkeit. Dasselbe gilt auch für Alkohol, doch sind die Unterschiede hier geringer. Nach fünffacher Reflexion an Wasserflächen war die Strahlung bereits so schwach, daß eine genaue Untersuchung nicht mehr vorgenommen werden konnte. Aus diesen Versuchen ist der Schluß zu ziehen, daß Wasser im ultraroten Spektrum zwar eine ausgesprochen selektive Reflexion besitzt, derart, daß die längeren Wellen im allgemeinen bei der Reflexion bevorzugt werden, daß aber Streifen sehr starker metallischer Reflexion, wie solche bei Quarz, Fluorit, Steinsalz und Sylvin vorhanden sind, innerhalb des hier beobachteten Spektralbereiches entweder nicht vorkommen oder daß sich die jenen Streifen entsprechenden Strahlen infolge geringer Intensität der Beobachtung entziehen.

Es ist nämlich nicht unmöglich, daß für irgend ein Wellenlängenbereich des ultraroten Spektrums starke metallische Reflexion an Wasser vorhanden ist, daß aber die Strahlung dieser Wellenlängen im Wasserdampf der Zimmerluft eine so starke Absorption erfährt, daß kein merklicher Bruchteil der Strahlung in das Radiometer gelangt. Diese Möglichkeit läßt sich bei der hier getroffenen Versuchsanordnung nicht völlig ausschließen. Wir dürfen daher aus unseren Beobachtungen noch nicht den Schluß ziehen, daß langwellige Gebiete starker Reflexion keinesfalls vorhanden sein können, aber ihr Bestehen ist, wie sich weiter unten ergeben wird, nicht wahrscheinlich.

Wir gingen nun dazu über, das Reflexionsvermögen des Wassers im ultraroten Spektrum für ein möglichst großes Wellenlängenbereich einer systematischen Untersuchung zu unterziehen. Die hierbei benutzte Versuchsanordnung ist in Fig. 2 dargestellt.

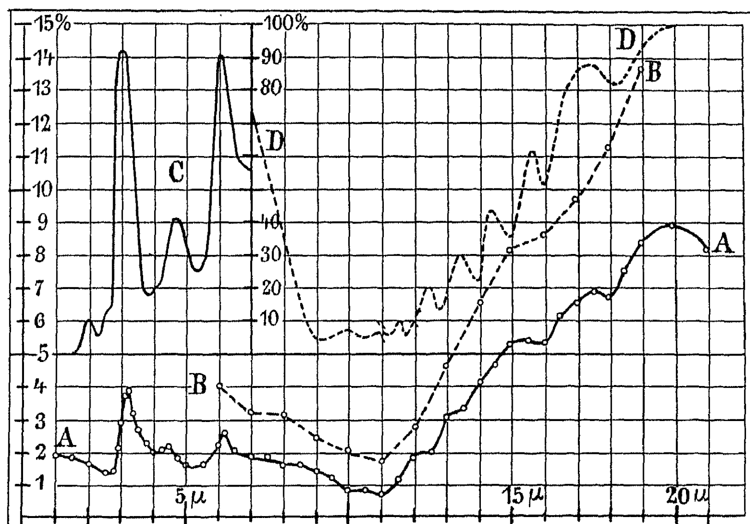
Die Strahlung einer Lichtquelle A wird durch einen vorderseitig versilberten Planspiegel S_1 schräg abwärts geworfen und trifft die zu untersuchende Flüssigkeitsoberfläche unter einem Inzidenzwinkel von etwa 12°. Ein zweiter Spiegel S_2 empfängt die von der Flüssigkeit reflektierte Strahlung und sendet sie in nahezu horizontaler Richtung

Fig. 2.



zu dem Hohlspiegel H, welcher die Strahlung auf dem Spalt C des (in Fig. 2 nicht gezeichneten) Spiegelspektrometers konzentriert. Das Spektrometer war nach dem Wadsworthschen Prinzip mit festen Armen gebaut, und es war bei der Konstruktion in erster Linie auf große Lichtstärke geachtet worden. Die Brennweiten der Hohlspiegel betragen 32 cm bei 5 cm Öffnung. Für die verschiedenen Teile des Spektrums mußten Prismen verschiedener Art verwendet werden. In dem Spektralgebiet von $1\,\mu$ bis $7\,\mu$ wurde ein Flußspatprisma von 60° brechendem Winkel und 5 cm Seitenlänge benutzt, zwischen $7\,\mu$ und $12\,\mu$ ein Steinsalzprisma, und zwischen $12\,\mu$ und $18\,\mu$ ein Sylvinprisma von angenähert gleichen Dimensionen. Für die Untersuchung des Spektralbereiches von $18\,\mu$ bis $21\,\mu$, in welchem die Absorption des Sylvins bereits sehr erheblich ist, diente ein spitzwinkeliges Sylvinprisma von etwa 20° brechendem Winkel. Die nach der spektralen Zerlegung in dem Wadsworthschen Spektrometer aus dem Okularspalt austretenden Strahlen wurden durch einen Hohlspiegel konzentriert und auf die geschwärzte Lötstelle eines Mikroradiometers geworfen. Beobachtet wurde in der Weise, daß für jede untersuchte Wellenlänge eine Anzahl von Ausschlägen gemessen wurde, sowohl wenn sich der mit Flüssigkeit gefüllte Trog F an der in Fig. 2 gezeichneten Stelle befand, als auch, wenn F durch einen vorderseitig versilberten Glasspiegel ersetzt war. Die reflektierende Ebene dieses Spiegels wurde so justiert, daß sie genau die gleiche Lage einnahm, welche vorher die Oberfläche der Flüssigkeit innegehabt hatte. Als Strahlungsquelle wurde bei diesen Messungen im kurzwelligen Spektralbereich (bis $\lambda = 7\,\mu$) eine Nernstlampe, im Bereich der längeren Wellen ein Auerbrenner verwendet, dessen relativer Reichtum an langen Wellen eine große Reinheit auch des wenig intensiven langwelligen Spektrums verbürgt. Die Resultate unserer Messungen sind in Fig. 3 graphisch dargestellt.

Fig. 3.



Kurve A zeigt das Reflexionsvermögen des Wassers für etwa 12° Inzidenz, Kurve B für etwa 50° Inzidenz. Hierbei sind die Wellenlängen als Abszissen, die Reflexionsvermögen, ausgedrückt in Prozenten der auffallenden Strahlung, als Ordinaten aufgetragen. Ferner ist die Absorption einer 0.01 mm dicken Wasserschicht in dem Spektralgebiet von 1 bis 7 μ (Kurve C) und einer etwa 60 cm dicken Wasserdampfschicht von Atmosphärendruck zwischen 7 μ und 20 μ (Kurve D), wie sie sich bei früheren Messungen ergeben hat[1], eingezeichnet. Auch hier sind die Abszissen die Wellenlängen, die Ordinaten dagegen bedeuten die Absorption in Prozenten[2]. Kurve A zeigt scharf ausgeprägte Maxima bei 3.2, 6.3 und 19.5 μ, sowie deutlich erkennbare Minima bei 2.7, 5.2 und 11.0 μ. Die Maxima der Reflexionskurve A entsprechen sehr angenähert den Stellen stärkster Absorption in der Kurve C bei 3.1 und 6.1 μ[3]. Daß die in Kurve A beobachteten Reflexionsmaxima, welche durch anomale Dispersion im Wasser veranlaßt sind, nicht genau mit den Maximis der Kurve C zusammenfallen, sondern meist bei etwas größeren Wellenlängen liegen, dürfte darin seinen Grund haben, daß auf der kurzwelligen Seite des Absorptionsstreifens der Brechungsexponent einen kleineren Wert besitzt als auf der Seite der längeren Wellen. Bei geringeren Werten des Extinktionskoeffizienten erleidet dadurch das Reflexionsmaximum eine Verschiebung nach dem ultraroten Ende des

[1] E. Aschkinass a. a. O. H. Rubens und E. Aschkinass a. a. O.

[2] Die hierzu gehörige Ordinatenskala ist bei $\lambda = 7\ \mu$ in die Figur eingezeichnet.

[3] Auch ist in Kurve A bei 4.5 μ die Andeutung eines Maximums vorhanden, welches dem Absorptionsmaximum bei 4.6 μ in Kurve C zu entsprechen scheint.

Spektrums hin. Kurve B ist mit einer etwas anderen Versuchsanordnung aufgenommen, welche bei unseren Vorversuchen verwendet wurde. Sie zeigt einen sehr ähnlichen Verlauf wie Kurve A, nur wesentlich höhere Reflexionswerte, entsprechend den größeren Inzidenzwinkeln.

Das Auftreten der Maxima in Kurve A lehrt uns, daß die zu Anfang erwähnte einfache Berechnungsweise für die Lage des Gebiets metallischer Reflexion aus der Dielektrizitätskonstanten und der Dispersion im kurzwelligen Spektrum bei Wasser nicht anwendbar ist. Vielmehr zeigt die Kurve A in ihrem ersten Teile zwischen $1\,\mu$ und $3\,\mu$ deutlich, daß der Verlauf der Dispersion des Wassers in dem an das sichtbare Gebiet angrenzenden ultraroten Teil vorwiegend durch den Absorptionsstreifen bei $3.1\,\mu$ bestimmt ist.

Auch zwischen den Kurven D und A herrscht eine unverkennbare Ähnlichkeit. Beide Kurven lassen das Minimum bei $\lambda = 11\,\mu$ und den steilen Aufstieg zu dem Maximum bei $20\,\mu$ deutlich erkennen. — Daß zwischen dem Absorptionsspektrum eines Körpers in flüssigem und dampfförmigem Zustand nahe Beziehungen stehen, ist bereits bekannt[1]. Indessen sind beide Absorptionsspektra, sowohl in qualitativer wie quantitativer Beziehung, keineswegs identisch. Insbesondere ist die Absorption des dampfförmigen Körpers auf viel engere Spektralgebiete beschränkt. Auch sind die Absorptionsmaxima in beiden Fällen beträchtlich gegeneinander verschoben. Endlich ist es höchst wahrscheinlich, daß die Absorptionsspektra der Dämpfe im Gegensatz zu denen der Flüssigkeiten aus vielen feinen Absorptionslinien bestehen, welche spektrothermometrisch nicht getrennt werden können, und so den Eindruck kontinuierlicher Absorption vortäuschen. Hierauf wird bekanntlich bei den Gasen und Dämpfen die scheinbare Ungültigkeit des Absorptionsgesetzes zurückgeführt, nach welchem der Logarithmus der Intensität der durchgelassenen Strahlung der Schichtdicke umgekehrt proportional sein soll. Vergleicht man spektrothermometrisch das Absorptionsvermögen einer Flüssigkeit und ihres Dampfes in äquivalenten Schichtdicken, d. h. in solchen Schichten, deren Dicke sich umgekehrt verhält wie die Dichtigkeit der betreffenden Phase, so erweist sich die Dampfschicht stets als sehr viel durchlässiger. Gerade bei dem Wasserdampf tritt diese Erscheinung außerordentlich stark hervor, wie Hr. Ångström beobachtet hat. Dasselbe folgt auch aus der Tatsache, daß bis zur Wellenlänge $\lambda = 11\,\mu$ ein beträchtlicher Teil der Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre hindurch bis zur Erdoberfläche gelangt, während durch eine Wasserschicht von einigen Zentimetern Dicke, welche der in der Atmosphäre

---

[1] Ångström, Wied. Ann. 39, S. 267, 1890. — F. Paschen, a. a. O.

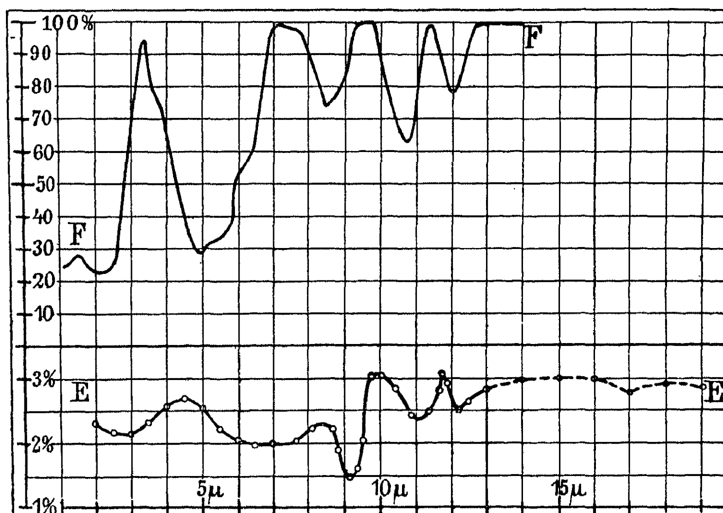
enthaltenen Wasserdampfschicht äquivalent ist, jenseits 1.2 μ keine Strahlung mehr hindurchgeht.

Diese Tatsachen lassen die Wahrscheinlichkeit bestehen, daß Gebiete starker, metallischer Reflexion im Ultraroten sich durch Reststrahlen von genügender Intensität, trotz der Absorption in dem Wasserdampf der Zimmerluft, hätten bemerkbar machen müssen. Es kommt noch hinzu, daß im Gebiet langer Wellen verhältnismäßig kleine Absorptionskonstanten a große Extinktionskoeffizienten g und mithin starke metallische Reflexion ergeben[1].

Daß sich von solchen Streifen metallischer Reflexion bei unseren Reststrahlenversuchen keine Andeutung gefunden hat, scheint uns hiernach dafür zu sprechen, daß die Gebiete starker anomaler Dispersion bei Wasser nicht in dem Spektralbereich liegen, welches uns mit den hier beschriebenen Mitteln zugänglich ist.

Mit der gleichen Versuchsanordnung wurde nun auch das Reflexionsvermögen des Alkohols zwischen 1 μ und 19 μ untersucht. Die Resultate sind in Fig. 4 wiedergegeben.

Fig. 4.



Kurve E stellt das von uns gefundene Reflexionsvermögen des Alkohols dar. Kurve F zeigt das einer Arbeit von Hrn. Coblentz[2]

[1] Die Absorptionskonstante a ist der reziproke Wert derjenigen Weglänge, auf welcher der Strahl in Wasser auf $\frac{1}{e}$ seiner Intensität geschwächt wird, der Extinktionskoeffizient $g = \frac{a\lambda}{4\pi}$ und das Reflexionsvermögen $R = \frac{(n-1)^2 + g^2}{(n+1)^2 + g^2}$.

[2] W. Coblentz, Investigations of Infra Red Spectra, Washington 1905, Fig. 36.

entnommene Absorptionsspektrum des Alkohols in einer 0.02 mm dicken Schicht. Ebenso wie bei dem Wasser ist auch hier der Zusammenhang zwischen den Gebieten anomaler Reflexion und den Stellen starker Absorption zu erkennen; im Gebiet der kurzen Wellen tritt hier die oben genannte Verschiebung der Reflexionsmaxima nach Seite der längeren Welle besonders deutlich hervor.

Weiter wie bis zur Wellenlänge 21 μ vorzudringen, war uns mit der oben beschriebenen Spektralanordnung infolge der geringen Strahlungsintensität der langen Wellen und der Absorption des Sylvinprismas nicht möglich. Dagegen gelang es uns ohne Schwierigkeiten, das Reflexionsvermögen einer Wasserfläche für Reststrahlen von Flußspat und für Reststrahlen von Steinsalz zu messen. Mit derselben Anordnung haben wir dann noch das Reflexionsvermögen einiger anderer Flüssigkeiten für die beiden genannten Strahlenarten festgestellt. Zur Ausführung dieser Versuche wurde das Spiegelspektrometer aus unserer zuletzt besprochenen Anordnung entfernt und an der Stelle C (Fig. 2), an welcher sich früher der Kollimatorspalt befunden hatte, ein 3.5 cm hohes und 1.5 cm weites Diaphragma angebracht. Die aus diesem Diaphragma austretenden Strahlen hatten vor ihrer Vereinigung auf der Lötstelle des Mikroradiometers entweder 3 Reflexionen an Fluoritflächen, oder 4 Reflexionen an Steinsalzflächen zu erleiden. Nimmt man als Strahlungsquelle einen Auerbrenner, und läßt man die Strahlen an den Flächen unter möglichst geringen Inzidenzwinkeln reflektieren, so ergeben sich unter diesen Bedingungen sehr reine Reststrahlen von Flußspat. Auch die Reststrahlen von Steinsalz ent-enthalten nur 4—5 Prozent Verunreinigung durch Wärmestrahlen von kurzer Wellenlänge.

Zur Messung des Reflexionsvermögens der Flüssigkeiten wurde hier ebenso verfahren, wie bei unseren Spektralbeobachtungen, d. h. es wurden die Ausschläge des Mikroradiometers verglichen, wenn die Strahlen einmal an der zu untersuchenden Flüssigkeitsoberfläche (F Fig. 2), das andere Mal an einem an derselben Stelle befindlichen Silberspiegel reflektiert wurden.

Tabelle 2.

Flüssigkeit	Reststrahlen von	
	Flußspat	Steinsalz
Wasser	6.8 Prozent	10.6 Prozent
Gesättigte Chlorkalziumlösung	10.2 »	13.2 »
Gesättigte Kochsalzlösung	—	10.9 »
Alkohol	3.14 »	3.37 »
Quecksilber	94.7 »	96.0 »

Tabelle 2 enthält die so gewonnenen Reflexionsvermögen. Die Zahlen beziehen sich auf Silber = 100.

Das Wasser zeigt für die Reststrahlen von Fluorit und Steinsalz etwas höheres Reflexionsvermögen wie für kurzwellige Wärmestrahlen, was mit der starken Absorption des Wassers für diese Strahlen, noch mehr aber mit ihrer großen Wellenlänge im Zusammenhang steht.

Bemerkenswert ist es, daß eine 20prozentige Kochsalzlösung die Reststrahlung von Steinsalz nicht wesentlich stärker reflektiert als reines Wasser. Dagegen ergibt eine konzentrierte Chlorkalziumlösung in beiden Fällen ein etwas erhöhtes Reflexionsvermögen.

Die Messung des Reflexionsvermögens von Quecksilber wurde als Kontrolle für die angewandte Untersuchungsmethode ausgeführt. Wie früher gezeigt worden ist[1], berechnet sich das Reflexionsvermögen eines Metalles für lange Wellen nach der Formel

$$R = 100 - \frac{36.5}{\sqrt{\varkappa \cdot \lambda}}$$

worin $\varkappa$ das Leitvermögen des Metalls im elektromagnetischen Maße[2], λ die Wellenlänge der Strahlung in μ bedeutet. Hiernach ergibt sich das Verhältnis der Reflexionsvermögen von Quecksilber und Silber bei 18° C für die Reststrahlen von Flußspat zu 93.8 Prozent, für die Reststrahlen von Steinsalz zu 95.6 Prozent. Diese Zahlen sind mit den beobachteten Werten (94.7 bzw. 96.0 Prozent) in befriedigender Übereinstimmung.

Das Reflexionsvermögen, welches der Alkohol für die Reststrahlen von Flußspat und Steinsalz besitzt, ist von demjenigen für sichtbare Strahlen nur wenig verschieden. Es ist bekannt, daß diese Flüssigkeit erst in dem Gebiet Hertzscher Wellen die starke anomale Dispersion erfährt, durch welche die hohe Dielektrizitätskonstante von 25 erreicht wird. Für Wasser ist selbst für die kürzesten, bisher beobachteten Hertzschen Wellen von 4 mm Länge[3] innerhalb der Fehlergrenze dieselbe hohe Dielektrizitätskonstante von 80—90 festgestellt worden, welche auch für statische Ladungen gilt. Auf Grund dieser Tatsache und in Rücksicht auf die hier mitgeteilten Resultate ist es wahrscheinlich, daß die kritische Stelle starker, anomaler Dispersion bei dem Wasser in das noch unbekannte Spektralgebiet fällt, welches sich von den langwelligsten bisher beobachteten Wärmestrahlen bis

---

[1] E. Hagen und H. Rubens, Ann. d. Phys. 11, S. 873, 1903.

[2] $\varkappa$ ist der reziproke Wert desjenigen Widerstandes in Ohm, den ein zylindrischer Leiter von 1 m Länge und 1 qm Querschnitt besitzt.

[3] A. Lampa, Wiener Ber. 105, 2a, S. 587 und 1049, 1896.

zu den kürzesten, auf elektrischem Wege erzeugten Hertzschen Strahlen erstreckt. Hieraufscheint auch die von Drude[1] beobachtete starke Zunahme der Absorption hinzudeuten, welche sehr schnelle elektrische Schwingungen mit zunehmender Frequenz im Wasser erfahren.

[1] P. Drude, Wied. Ann. 65, S. 499, 1898.

Ausgegeben am 12. März.

1908.

XIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

5. März. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Diels.

1. Hr. von Kekule sprach über Bildwerke, die sich auf den Mythos von der Geburt der Helena aus dem Ei beziehen. (Ersch. später.)

Zu den schon früher bekannten sind neue hinzugekommen, die zum Theil Unerwartetes bieten und den Anlass zu einer Revision der bisherigen Ansichten gaben.

2. Hr. Koser legte eine Mittheilung vor: »Aus der Vorgeschichte der ersten Theilung Polens«.

Nachtrag zu dem 1903 erschienenen 29. Bande der »Politischen Correspondenz Friedrich's des Grossen«.

3. Derselbe überreichte den 32. Band der »Politischen Correspondenz Friedrich's des Grossen«. Berlin 1908.

Aus der Vorgeschichte der ersten Teilung Polens.

Von Reinhold Koser.

Bei den Vorarbeiten für die Herausgabe des soeben erschienenen 32. Bandes der »Politischen Correspondenz Friedrichs des Groszen« sind ein ungenau und ein falsch datiertes Schreiben, beide eigenhändig, festgestellt worden, die beide in den im Jahre 1903 veröffentlichten Band 29 der Sammlung einzureihen gewesen wären. Sie sollen in einem für den Schlußband vorbehaltenen Nachtrag zum Abdruck gelangen; aber bei dem allgemeineren Interesse, das ihr Inhalt bietet, wird ein vorgängiger Hinweis auf ihre Bedeutung und ihre Zusammenhänge erwünscht sein.

Die Briefe Friedrichs des Groszen an seinen Bruder, den Prinzen Heinrich, füllen im Geheimen Staatsarchiv eine Anzahl Lederbände, zu denen sie nach dem Tode des Empfängers vereinigt worden sind, ohne daß zuvor eine mehr als oberflächliche chronologische Ordnung vorgenommen war. Die beiden hier zu erörternden Stücke befinden sich zwischen den Briefen des Jahres 1772. Das eine trägt das Datum »ce 25«, das andre hat wenigstens eine Monatsangabe vor jenem voraus: »ce 25 juin«. Ihrem Inhalt nach kennzeichnen sie sich als Antworten auf einen Ratschlag des Prinzen Heinrich zur Besitznahme polnischen Gebiets: als ablehnende Antworten. Der König schreibt in dem einen Briefe:

»Je vois qu'en fait de politique vous ne manquez pas, mon cher frère, d'avoir bon appétit; pour moi, qui suis vieux, j'ai perdu celui que j'avais dans ma jeunesse. Ce n'est pas que vos idées ne soient pas excellentes, mais il faut avoir le vent de la Fortune en poupe pour réussir à de telles entreprises, et c'est de quoi je n'ose et ne puis me flatter. Cependant il est toujours bon d'avoir de ces projets en réserve, pour les réaliser, si l'occasion s'en présente. Nous sommes placés entre deux grandes puissances, l'Autriche et la Russie; il est sûr que, pour tenir sans risque la balance entre elles, nous sommes jusques à présent trop faibles, pour nous en bien acquitter; mais le mal principal est que ni l'Autriche ni la Russie n'ont trop grande envie de concourir à notre agrandissement.«

In dem zweiten Briefe heißt es:

»Je suis certainement bien persuadé de l'intégrité de vos intentions, et si l'on pourrait exécuter, mon cher frère, vos idées, il en résulterait certainement de grands avantages pour l'État. On a sans doute toujours devant les yeux de concilier ses intérêts avec ceux de ses alliés, mais ces alliés ne veulent pas toujours entrer dans de telles mesures. Par exemple, tout ce que me vaut l'alliance de la Russie, c'est la garantie des pays de Baireuth et d'Ansbach[1], qui, selon toutes les apparences, ne viendra pas à être réclamée pendant notre alliance, qui dure encore huit ans[2]. L'envie des puissances, les unes contre les autres, nuit beaucoup à leurs avantages communs, et quelquefois on accorderait plutôt des ennemis que des alliés.«

Offenbar gehören beide Briefe eng zusammen, und offenbar setzt der vom 4. Juni datierte den anderen voraus. Dann müßte in dem älteren zu dem Tagesdatum »25« als Monat der Mai ergänzt werden. Dieser Ergänzung würde es an sich nicht im Wege stehen, wenn der König in dem Briefe erwähnt, daß seine Brunnenkur bis zum 1. Juli währen wird. Wohl aber enthält der Brief eine weitere Angabe, die unbedingt nötigt, wie sich dem Bearbeiter unserer Sammlung, Hrn. Dr. Volz, alsbald ergab, ihn in den Juni, und zwar in den Juni 1770, zu setzen: »J'ai donné quelques spectacles à la Landgrave pour l'amuser jusqu'au temps que sa fille accouche, ce qui probablement ne sera que le mois prochain.« Gemeint ist die Landgräfin Karoline von Hessen-Darmstadt, die Mutter der Prinzessin Friederike, zweiten Gemahlin des Prinzen von Preußen und nachmaligen Königs Friedrich Wilhelm II. Die Landgräfin ist am 13. Juni 1770 in Berlin eingetroffen, die Geburt des Prinzen Friedrich Wilhelm erfolgte am 3. August.

Mit dieser Feststellung des Datums war zugleich erwiesen, daß die Datierung des zweiten Briefes »4 juin« auf einem Schreibfehler des Königs beruht. Es ist juillet statt juin zu lesen[3].

Die beiden Briefe des Königs ergaben sich nun ohne weiteres als die Antworten auf die beiden bereits seit einiger Zeit gedruckten

---

[1] Vgl. unten S. 289.

[2] Das am 11. April 1764 abgeschlossene Verteidigungsbündnis zwischen Preußen und Rußland war am 23. Oktober 1769 für die Zeit bis 1780 verlängert worden.

[3] Jeder Zweifel wird ausgeschlossen durch die Stelle: »J'ai été hier à Berlin voir les exercices de l'artillerie . . . Pourqu'à l'avenir cela aille mieux, je leur ferai construire un polygone avec toutes les attaques, et, au lieu de s'assembler en été, ils s'assembleront au mois de septembre, où rien ne les empêche de construire leurs batteries selon toutes les règles.« Nach Ausweis der Zeitungen hielt der König die Artillerieübung auf dem Wedding bei Berlin am 3. Juli 1770 ab; von 1771 ab fanden diese Übungen, nach einer Hrn. Dr. Volz durch den Großen Generalstab erteilten Auskunft, regelmäßig im September statt.

Briefe des Prinzen Heinrich vom 22. und vom 30. Juni 1770[1]. Der österreichische Gesandte Graf Nugent von Waldosotto hatte in seiner Abschiedsaudienz am 6. Mai die Andeutung fallen lassen, daß das Land zwischen dem Meer und einer Linie von der Grenze des alten preußischen Herzogtums über Graudenz, Thorn, Posen nach Glogau die Verbindung zwischen den zerstückten Gebieten des preußischen Staates herstellen würde; Nugent hatte nicht hinzugesetzt, daß Fürst Kaunitz nur für den Fall einer Wiederabtretung von Schlesien an Österreich geneigt war, dem Könige von Preußen das polnische Preußen und etwa auch Kurland zu überweisen[2]. Der König hatte dem Prinzen Heinrich von seinem Gespräch mit Nugent Mitteilung gemacht, und darauf bezieht sich der Prinz in dem Briefe vom 22. Juni: »J'avoue que mon imagination a été frappée de cette idée, à la première fois que vous m'avez fait l'honneur de me parler des propositions quoique vagues que vous furent faites. Mais si c'est à moi une chimère, elle est cependant si agréable que j'ai peine à y renoncer. Je voudrais vous voir maître des bords de la mer baltique, partager avec la puissance la plus formidable de l'Allemagne l'influence que ces forces réunies pourraient avoir en Europe. Si [c'est] un rêve, il est très gracieux, et vous pensez bien que l'intérêt que je prends à votre gloire, m'en fait souhaiter la réalité.« Als der König, wie wir hörten, diesen lockenden Traum von sich wies, machte der Prinz gegenüber der Auffassung, daß weder Rußland noch Österreich zu einer Vergrößerung Preußens beizutragen geneigt seien, am 30. Juni u. a. geltend: »Je me suis flatté que les circonstances où la Russie et l'Autriche se trouvent maintenant pouvaient contribuer à la réussite d'un dessein aussi utile.«

In dieser Abfolge miteinander in Verbindung gebracht[3], ergänzt diese Gruppe von zwei Briefen des Prinzen und zwei Antworten des Königs in willkommener Weise das Bild, das der Briefwechsel zwischen beiden aus jener Epoche bietet.

Der Prinz drängt zu einem Versuch, den Staat durch polnisches Gebiet abzurunden und zusammenzuschließen. Der König hält ihm das Widerspiel, retardiert. Er will sicher gehen, er sieht für jetzt die Gelegenheit nicht als sicher an. Überzeugt ist auch er davon,

---

[1] Mitgeteilt durch G. B. Volz in den Forschungen zur brandenburgischen und preußischen Geschichte XVIII, 187 (1905).

[2] Vgl. A. v. Arneth, Geschichte Maria Theresias VIII, 145f.

[3] Ich habe in meiner Darstellung »König Friedrich der Grosze« II, 456 da, wo ich des politischen Meinungsaustausches zwischen dem König und dem Prinzen über die polnische Frage gedenke, die bezeichnendsten Stellen aus dem Briefe des Prinzen vom 22. Juni und dem des Königs vom 25. Juni 1770, ohne beim Exzerpieren der archivalischen Vorlagen die Chronologie ad hoc untersucht zu haben, schon nebeneinander gestellt, sozusagen unwillkürlich, weil die innere Zusammengehörigkeit auf der Hand lag.

daß die Erwerbung des polnischen Preußens für den Staat eine politische Notwendigkeit ist. Als solche hat er sie schon vor 40 Jahren als Kronprinz bezeichnet. Als »politische Träumerei« schwebt sie ihm im Testament von 1752 vor Augen. Sie bleibt in seinem Gesichtskreis, als Rußland ihm den Krieg aufdrängt; für den Fall eines entscheidenden Sieges hält er es für möglich, den Russen die Zustimmung zu dieser Vergrößerung Preußens abzugewinnen, und in einer andern Kombination denkt er während des vierten Kriegsjahres daran, sich in Polen eine Entschädigung für die Kosten und Opfer dieses Krieges zu suchen. Daß er dabei immer Rußland als den Sitz des Widerstandes gegen eine Vergrößerung Preußens nach der polnischen Seite betrachtet, zeigt am deutlichsten das politische Testament vom 7. November 1768. Wie in dem älteren Testament ergeht sich der Verfasser in »Rêveries politiques«; er versetzt sich in eine Zukunft, in der Polnisch-Preußen für seinen Staat gewonnen sein wird, und führt aus, daß man erst dann, nach Befestigung einiger Plätze an der Weichsel imstande sein wird, im Kriegsfall Ostpreußen gegen ein russisches Heer wirksam zu verteidigen. Aber eben Rußland bezeichnet er hier als diejenige Macht, bei der man wegen des polnischen Preußen das stärkste Hindernis finden würde. Er rät seinen Nachfolgern zu dem Versuche, jenes Land Stück für Stück zu gewinnen, durch Verhandlung: dann, wenn Rußland durch die Lage der Umstände auf den Beistand Preußens angewiesen sein werde[1].

Damals, im Winter, von 1768 auf 1769 betrachtete er den Augenblick nicht als günstig für die Einleitung einer solchen Verhandlung. Er schlug schon jetzt den Russen eine Verlängerung des am 11. April 1764 auf acht Jahre abgeschlossenen Verteidigungsbündnisses vor; er übersandte ihnen den Entwurf für einen neuen Vertrag, und obgleich Rußland sich damals durch seine Einmischung in die polnischen Wirren einen unbeabsichtigten Krieg mit der Pforte zugezogen hatte, forderte er nichts weiter als die russische Bürgschaft für die dereinstige Nachfolge der königlichen Linie seines Hauses in den fränkischen Nebenlanden Ansbach und Baireuth (vgl. oben S. 287). Der Vertragsentwurf war bereits übergeben, als der König am 2. Februar 1769 seinem Gesandten anheimstellte, nach Ermessen in aller Vorsicht — der einzuschlagende Weg wurde genau vorgeschrieben — zu ergründen, ob Rußland, um sich nicht bloß die preußische, sondern auch die österreichische Unterstützung gegen die Pforte zu sichern, zu einer Verteilung polnischer Grenzlande an die drei Nachbarmächte geneigt sein würde. Wie es scheint, veranlaßte ihn zu dieser diplomatischen Rekognoszierung die

---

[1] Vgl. »König Friedrich der Grosze« II, 452 (3. Aufl.).

Nachricht, daß Rußland den Wiener Hof unter Berufung auf ältere Verträge um Waffenhilfe gegen die Türken zu ersuchen beabsichtigte[1]. Der preußische Gesandte, Graf Solms, führte nach anfänglichen Bedenken den ihm bedingungsweise erteilten Auftrag aus, und der Leiter der auswärtigen Politik, Graf Nikita Panin, erteilte ihm ausweichend die bekannte Antwort[2], daß Rußland bereits mehr Land besitze, als es zu regieren imstande sei. Und diese Stellungnahme Rußlands war es, die den König von Preußen in dem Briefe vom 25. Juni 1770 urteilen ließ, er wage sich nicht zu schmeicheln und könne sich nicht schmeicheln, daß der Wind für solche Unternehmungen günstig sei. Seine in dem Testament vom 7. November 1768 ausgesprochenen Zweifel schienen ihm bestätigt.

Nicht lange nachdem der König jene beiden Briefe an den Prinzen Heinrich gerichtet hatte, erhielt er ein Schreiben Katharinas II. vom 19./30. Juli mit einer Einladung nach Petersburg für den Prinzen Heinrich, der inzwischen zu einem Besuch der Schwester, Königin Luise Ulrike von Schweden, nach Stockholm gereist war. Die Einladung kam völlig überraschend, der König schrieb dem Prinzen, daß man sie nicht ablehnen könne, daß er aus der Not eine Tugend machen möge. Es ist vermutet worden, daß der Prinz für seinen Petersburger Aufenthalt mit geheimen Weisungen für die Anbahnung eines Teilungsvertrags versehen worden sei. Der im 30. Band der »Politischen Correspondenz« enthaltene Briefwechsel zwischen den beiden fürstlichen Brüdern erweist das Gegenteil; ausdrücklich schreibt der König dem Prinzen am 26. Oktober 1770 auf die Nachricht von dessen Ankunft in Petersburg, er möge dort bleiben, solange als es ihm angenehm sein werde, und als er den Interessen der schwedischen Schwestern dort nützlich sein könne; im übrigen sei er, der König, entschlossen »de ne me mêler ni de la paix[3] ni des affaires de Pologne et de n'être que simple spectateur des évènements[4].« Friedrich blieb also durchaus auf der Linie, die er sich in jenen beiden Briefen vom vorangegangenen Sommer für sein politisches Verhalten in der polnischen Frage vorgezeichnet hatte[5].

---

[1] Vgl. Politische Correspondenz XXVIII, 80—82. 84.

[2] Ebend. 194.

[3] Friedensverhandlung zwischen Rußland und der Pforte.

[4] Politische Correspondenz XXX, 219.

[5] Als der Prinz sich im Gespräch mit den russischen Staatsmännern Saldern und Panin auf die Erörterung einer Tripleallianz gegen die Pforte zwischen Preußen, Rußland und Österreich unter dem unbestimmten Hinweis auf die Stipulierung von »avantages réciproques pour les trois couronnes« eingelassen hatte, wies der König diesen Gedanken entschieden ab: »Point de convention nouvelle quelconque; cela n'est pas du tout de saison.« Ebend. 269.

Ganz gegen die Erwartung des Königs und wohl auch gegen die Erwartung des Prinzen Heinrich ist dann, als dieser bereits im vierten Monat zu Petersburg verweilte, von russischer Seite die Anregung zur Teilung Polens an ihn herangetreten. Wir wissen, daß seit lange zwei Strömungen am Petersburger Hofe einander entgegenwirkten. Graf Nikita Panin, der Minister des Auswärtigen, vertrat die Meinung, daß man von der Erwerbung polnischen Gebietes absehen solle; sein System ging darauf aus, durch stete Einmischung in die polnischen Wirren, wozu er die konfessionellen Gegensätze ausgesprochenermaßen als Vorwand benutzte, Polen in politischer Abhängigkeit von Rußland zu halten. Graf Zacharias Tschernyschew, der Kriegsminister, vertrat die Politik der Annexion. Er hatte schon nach dem Tode des letzten polnischen Königs im Oktober 1763 der Zarin eine Denkschrift[1] vorgelegt, in der er die alsbaldige Besitznahme der Woiwodschaften Pskow und Witepsk und des ganzen polnischen Teils von Livland befürwortete; der Vorschlag war damals von der Staatskonferenz als sehr nützlich und als des weitern Augenmerks wert anerkannt, zugleich aber, als zur Stunde bedenklich, für günstigere Zeit zurückgelegt worden. Diese Richtung gewann jetzt die Oberhand, als der Wiener Hof im Sommer 1770 mit der Besitzergreifung der Starosteien Neu-Sandek, Neumarkt und Czorsztyn, unter Berufung auf alte Rechtsansprüche, ein Beispiel gab. Graf Tschernyschew, der Verfasser jener Denkschrift von 1763, war es, der in den Gemächern der Zarin am Abend des 8. Januar 1771 an den Prinzen Heinrich die Worte richtete: »Mais pourquoi pas s'emparer de l'évêché de Warmie? Car il faut, après tout, que chacun ait quelque chose.« Und diesmal stand seine Gebieterin auf seiner Seite: »Mais pourquoi pas tout le monde se prendrait-il aussi?« so fragte sie selber an jenem Abend den preußischen Prinzen[2].

König Friedrich, der den Bericht über diese vielsagenden Äußerungen zunächst noch mit seiner alten Zurückhaltung aufnahm, ließ bei der Rückkehr des Prinzen, Ende Februar 1771, seine Bedenken fallen, wobei er nun allerdings mehr an polnischem Gebiet als das Ermland von den Russen forderte und erhielt. Die Beweggründe, die den russischen Hof bestimmten, gegen die bisher leitenden Gesichtspunkte seiner Politik die von nun an Westpreußen genannte Provinz an Preußen zu überlassen, fassen sich einfach dahin zusammen: es galt, inmitten des Kampfes gegen den Halbmond und gegen die polnische Insurrektion

---

[1] Zbornik (Magazin) der Kaiserlich Russischen Historischen Gesellschaft LI, S. 9. Andere Vertreter dieser Richtung waren General Ilia Alexandrowitsch Bibikow und Fürst Michael Wolkonski. Vgl. Politische Korrespondenz XXX, S. 403. 406.

[2] Politische Korrespondenz XXX, S. 407.

und angesichts der drohenden Haltung Österreichs den König von Preußen unter allen Umständen auf der russischen Seite festzuhalten. Er aber hatte die Genugtuung, die Russen, von denen er noch vor kurzem unüberwindlichen Widerstand gegen einen alten Wunsch der preußischen Politik befürchtet hatte, kommen zu sehen. Seine Taktik des Zuwartens, wie er sie in den beiden hier behandelten Briefen begründet, war die richtige gewesen.

Ausgegeben am 12. März.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
XIV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

12. März. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Munk las über die Functionen des Kleinhirns.

Die Untersuchung kommt dahin zum Abschluss, dass das Kleinhirn ein nervöser Bewegungsapparat des Thieres ist, in dem Mark- und Muskelcentren der Wirbelsäule einerseits und der Extremitäten andererseits derart mit einander in Verbindung gesetzt sind, dass durch seine Thätigkeit unwillkürlich und unbewusst zweckmässige Gemeinschaftsbewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten zustande kommen, insbesondere die Gleichgewichtsregulirung bei den gewöhnlichen Haltungen und Bewegungen des Thieres.

2. Vorgelegt wurden: P. Vinogradoff, English Society in the Eleventh Century, Oxford 1908, und W. Huggins, The Royal Society (London 1906). Neuabdruck.

Die Akademie hat in der Sitzung am 27. Februar Hrn. Émile Boutroux in Paris, Mitglied des Institut de France, zum correspondirenden Mitglied ihrer philosophisch-historischen Classe gewählt.

Über die Functionen des Kleinhirns.

Von Hermann Munk.

Dritte Mittheilung (Schluss).[1]

9.

Im Verhalten der Thiere während der ersten Zeit nach der Kleinhirnexstirpation sollten die Folgen des Kleinhirnverlustes zusammen mit den Folgen des operativen Angriffs zum Ausdruck kommen[2]: und so stellt es sich in der That heraus.

Als operative Folgen haben sich an anderen Theilen des Centralnervensystems rasch an Grösse abnehmende Störungen der Art ergeben, dass manchmal die Nachbarschaft des exstirpirten Theiles und immer die niedereren motorischen Centren, zu denen vom exstirpirten Theile motorische Bahnen gehen, in ihrem Functioniren beeinträchtigt sind. In unserem Falle kommen Functionsstörungen der Nachbarschaft nicht zur Beobachtung, offenbar weil das Kleinhirn nicht aus einem ausgedehnten nervösen Zusammenhange mit der Umgebung durch das Messer loszulösen ist, sondern, wie es als geschlossenes Ganzes gleichsam als ein Anhängsel lediglich durch seine Stiele mit dem übrigen Centralnervensystem in Verbindung steht, durch die blosse Durchtrennung dieser Stiele sich exstirpiren lässt. Aber die dem Kleinhirn untergeordneten motorischen Centren, Mark- und Muskelcentren für den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten, erweisen sich zunächst nach der Operation ansehnlich beim Affen und noch beträchtlich mehr beim Hunde in ihrer Erregbarkeit herabgesetzt, und diese Herabsetzung nimmt mit der Zeit, beim Affen rascher, beim Hunde langsamer, bis zu der geringen Grösse ab, in der sie die Folge des Kleinhirnverlustes ist und als solche verbleibt. So prägt sich die operative Herabsetzung in dem Mühsamen, Schwerfälligen und Ungeschickten der Aufstehversuche aus, die der Affe nach dem Ablaufe der Narkose,

---

[1] Die früheren Mittheilungen s. diese Berichte 1906. 443 ff. und 1907. 16 ff. Sie sind in den folgenden Citaten mit I und II bezeichnet.

[2] I 468.

der Hund in den ersten Wochen macht[1], im convexen Rücken und gesenkten Kopfe, wie im Collabiren des Affen, wenn er in den ersten Tagen nach der Operation an die Wand gelehnt sitzt[2], in der anfänglichen Schlaffheit der Hinterbeine am emporgehaltenen Hunde[3], in dem derzeitigen Greifen des Affen[4], in dem seltenen Auftreten isolirter willkürlicher Bewegungen am Vorderbeine des Hundes während der ersten Wochen[5]. Sie giebt sich aber auch in dem zu erkennen, was früher auffallen durfte[6], dass die gröbere Art der Gleichgewichtserhaltung, die nach dem Kleinhirnverluste mehr und mehr als functioneller Ersatz für die fehlende feinere Art der Gleichgewichtserhaltung eintritt, nicht sogleich nach der Exstirpation, sondern erst nach einer gewissen Zeit sich bemerklich macht, obwohl die Hirntheile, auf deren Wirken sie beruht, unversehrt sind: die Thätigkeit dieser Hirntheile muss erfolglos bleiben, so lange die Mark- und Muskelcentren für den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten zu der Mitwirkung, die sie, wie für die feinere, so auch für die gröbere Gleichgewichtserhaltung zu leisten haben, nicht fähig sind.

Der Verlust der feineren Gleichgewichtserhaltung als Folge des Kleinhirnverlustes hinzugenommen, ist es dann in allen Stücken klar, was das Verhalten der kleinhirnlosen Thiere in der ersten Zeit nach der Operation charakterisirt, dass die Thiere nach anfänglichen vergeblichen Aufstehversuchen durch viele Tage am Boden liegen bleiben, der Affe in der Brustbauch- oder Brustbeckenlage, der Hund in der Seitenlage, ohne mehr als hin und wieder eine Lageveränderung dort vorzunehmen oder einen Aufstehversuch zu wiederholen. Beim Hunde ist die operative Herabsetzung der Erregbarkeit der genannten Centren so gross und erfolgt ihre Abnahme so langsam, dass der Hund frühestens zu Ende der zweiten Woche nach der Operation dazu kommt, sich auf die Beine zu stellen, und bleibt entsprechend die functionelle Compensation des Verlustes der feineren Art der Gleichgewichtserhaltung so weit zurück, dass der Hund fast erst um dieselbe Zeit seine gewohnte Ruhestellung, die Brustbauch- oder Brustbeckenlage, einzuhalten imstande ist. Beim Affen nimmt die von vorneherein kleinere Herabsetzung rascher ab und macht sich demgemäss auch die functionelle Compensation früher geltend; daher der Affe, wenn er in Angst oder Zorn versetzt ist, schon in den ersten Tagen nach der Operation unter der im Affect verstärkten Innervation sich erheben, klettern, gehen, springen kann und nicht nur bald nach der Operation sich in der Brustbauch- oder Brustbeckenlage, sondern

[1] I 453, 457. [2] I 454—5, 469. [3] II 20. [4] I 474. [5] I 466—7. [6] I 472.

auch schon zu Anfang der zweiten Woche in der Sitzstellung zu behaupten vermag. Wie die Unfähigkeit der Thiere, sich aufzustellen und die gewohnte Ruhestellung einzunehmen, die sogenannten Zwangsbewegungen mit sich bringt, haben wir schon früher[1] gesehen.

Mit dem Verhalten der Thiere nach der halbseitigen Kleinhirnexstirpation brauchten wir nach der Art unseres Vorgehens im grunde nicht mehr uns zu befassen; denn wir könnten bei der Kenntniss der Functionen des Kleinhirns stehen bleiben, ohne weiter die Frage zu verfolgen, welchen Antheil an diesen Functionen die einzelnen Theile des Kleinhirns nehmen. Aber wie die Forschung am Kleinhirn sich entwickelt hat, wie man das Organ von jeher zu allermeist einseitig angegriffen und neuerdings hauptsächlich die Folgen der halbseitigen Exstirpation den Theorien des Kleinhirns zugrunde gelegt hat, würden wir unsere Untersuchung nicht zum befriedigenden Abschlusse bringen, wenn wir nicht noch an den letzteren Folgen die Zuverlässigkeit unserer Ermittelungen prüften.

Zur übersichtlichen Orientirung kann hier die Schilderung dienen, wie sie Hr. Luciani vom Hunde gab[2], und wie sie bei seinen Nachfolgern im ganzen und grossen ebenso wiederkehrt. Zuerst liegt der Hund am Boden und kommen Krümmung der Wirbelsäule gegen die Exstirpationsseite hin, tonische Streckung des Vorderbeines derselben Seite und klonische Bewegungen der übrigen drei Gliedmaassen, Spiraldrehung des Halses und des Kopfes nach der unverletzten Seite hin, leichter Nystagmus, Strabismus, Rollen des Körpers in der Richtung von der unverletzten nach der operirten Seite zur Beobachtung. Diese »dynamischen«[3] Erscheinungen halten nur wenige (im Mittel 8—10) Tage an, während welcher die tonischen Spasmen schwächer werden und (zuerst das Rollen, zuletzt der Pleurotonus) verschwinden, indem sie den Charakter klonischer und oscillatorischer Bewegungen annehmen. In dem Maasse, in dem dies geschieht, werden die Versuche des Hundes, sich aufrecht zu halten und zu gehen, nach und nach von Erfolg begleitet. Über 4 Wochen kann es sich hinziehen, ehe der Hund dazu fähig ist; jedoch ist er schon während dieser Zeit, wenn es ihm gelingt, die Flanke der Exstirpationsseite gegen eine Mauer zu stützen, imstande, sich aufrecht zu halten und auch regelmässige Schritte zu vollführen. Zunächst, wenn die dynamischen Erscheinungen eben erst verschwunden sind, ist der Hund in den Muskeln der Gliedmaassen der Exstirpationsseite, besonders der Hinterextremität, so schwach, daß er beim ersten Anblick mit einem von

[1] I 462.
[2] Cerv. 167—9, 186—8, 191—5; Klh. 282—4, 290—2, 295—8.
[3] Vgl. I 461.

Hemiplegie betroffenen verwechselt werden könnte. Er kann nur auf dem Hinterbacken der Exstirpationsseite kriechen und fällt, wenn er sich erhebt, nach der Exstirpationsseite infolge des Einknickens der Glieder dieser Seite. Aber in der Folge wird das Fallen immer seltener, und schliesslich vermag der Hund dasselbe vollständig zu vermeiden mittels des Compensationsmechanismus, dass er die Vorderextremität der Exstirpationsseite übermässig abducirt und durch Krümmung der Wirbelsäule nach der Exstirpationsseite die Stütze der beiden Hinterextremitäten nach dieser Seite verschiebt, so dass die Hauptachse des Körpers schräg zur Gangrichtung steht. Neben der Schwäche zeigt der Hund die Schlaffheit der Extremitäten der Exstirpationsseite, das übermässige Heben und Aufstampfen dieser Extremitäten, ferner das Zittern des Kopfes beim Liegen, das Schwanken des Rumpfes bei der aufrechten Stellung u. s. w., wie wir alle die einschlägigen Abnormitäten bereits bei unserer Behandlung der Totalexstirpation auch in ihrer Erscheinungsweise nach der halbseitigen Exstirpation aufgeführt haben[1].

Auf grund dieser Schilderung lassen sich sogleich wieder als Folgen des halbseitigen Kleinhirnverlustes des Hundes Zittern, Schwanken, Fallen, die mit der Zeit durch Compensation abnehmen, und Störungen an den Extremitäten erkennen und ebenso wieder die besonderen oder besonders grossen Abnormitäten in der ersten Zeit nach der Operation dem Hinzutritt der Folgen des operativen Angriffs zuschreiben. Zugleich springt an den Extremitäten und auch sonst im Verhalten des Hundes eine Einseitigkeit der Folgen in die Augen gegenüber der beiderseitigen Gleichheit der Folgen beim Verluste des ganzen Kleinhirns. Damit ist uns die Richtung gewiesen, die wir zu nehmen haben.

Zuvörderst constatiren wir, dass auch die halbseitige Exstirpation nicht allgemeine Störungen der Motilität und Sensibilität nach sich zieht, sondern lediglich auf den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten beschränkte Störungen. Über den Bereich hinausgehend finden wir nur die Angabe, dass Nystagmus und Strabismus vorkommen, und damit verhält es sich hier nicht anders als nach der Totalexstirpation[2]. Nystagmus und Strabismus treten, wie Brechbewegungen oder Athemstörungen u. s. w., bei den Versuchen auf, die durch Nebenverletzungen misslungen sind; sonst fehlen sie. Um letzteres mit aller Sicherheit auch für den Fall der halbseitigen Exstirpation vertreten zu können, habe ich diese noch vollkommener zu gestalten mich bemüht, als ich sie oben[3] beschrieb, und es ist mir gelungen, die Durch-

[1] I 476; II 20, 23. [2] I 451, 462. [3] I 452.

schneidung des Wurms auch an seinem vorderen Theile in der Medianebene durchzuführen. Es bedarf dafür nur des kleinen Kunstgriffs, dass man nach der Loslösung der hinteren Wurmhälfte den vorderen Theil des Wurms mit dem flach an seine Oberfläche angelegten Messer etwas stärker nach hinten zieht und rasch das abgehobene Messer so weit nach vorn bringt, dass sein freies Ende die obere Kuppe des elastisch in die alte Lage zurückstrebenden Wurms auffängt; mit dem Schnitte, den man jetzt glatt nach unten und etwas nach hinten gegen das an die untere Fläche des Wurms angelegte Stäbchen führt, wird auch vom vordersten untersten Stücke des Wurms, das ich früher ungetheilt zurückliess, die eine Hälfte abgetragen. Auch bei den so vervollkommneten Versuchen blieben Nystagmus und Strabismus aus.

Die Störungen an den Extremitäten, deren Schlaffheit und Schwäche u. s. w., sind uns dann nicht nur in Übereinstimmung mit Hrn. Luciani's Angabe als einseitige, und zwar der verlorenen Kleinhirnhälfte gleichseitige Störungen schon bekannt, sondern wir sind auch bereits genauer mit ihrer Art und ihrem Wesen vertraut, da wir sie in unsere Untersuchung der Motilitäts- und Sensibilitätsstörungen von Wirbelsäule und Extremitäten bei der Totalexstirpation mit einbezogen haben[1]. Als erwünschte Ergänzung dieser Untersuchung finden wir aber ferner noch entsprechende einseitige Störungen an der Wirbelsäule, die nur nicht der verlorenen, sondern der erhaltenen Kleinhirnhälfte gleichseitig sind.

Am emporgehaltenen Hunde, wenn er nach den anfänglichen Strampelbewegungen andauernd ganz schlaff herabhängt, zeigt die Wirbelsäule eine nach der Exstirpationsseite concave Krümmung, die zunächst nach der Operation am auffälligsten ist und in den ersten Wochen bis zu einer geringeren Grösse abnimmt, auf der sie sich erhält. Auch ist dieselbe Concavität an dem ruhig in der Seitenlage verharrenden Hunde, besonders in der ersten Zeit, deutlich zu sehen, wenn er, mit dem Kopfe an oder nahe dem Boden, auf der unverletzten Seite liegt, und zum mindesten daran zu erkennen, dass die Hinterbeine dann ganz in der Luft sind, während sie, wenn der Hund auf der Exstirpationsseite liegt, mit den Füssen dem Boden aufruhen. Schiebt man nach Ablauf der ersten Tage den auf dem Tische in der Seitenlage gehaltenen Hund mit dem Hinterkörper über den Tischrand hinaus, so lässt der Hund, wenn er auf der Exstirpationsseite liegt, den Hinterkörper herunterhängen und bewegt höchstens die Hinterbeine, um auf den Tisch zu kommen, auch wenn man ihn

[1] II 22ff.

noch besonders, z. B. durch Kneipen des Schwanzes zu Bewegungen anregt; dagegen er den Hinterkörper mit Streckung und Drehung der Wirbelsäule hebt, wenn er auf der unverletzten Seite liegt. Wird der Hund, wenn er wieder, ohne zu fallen, geht, durch Zuruf zu rascher Umkehr auf seinem Wege veranlasst, so wendet er regelmässig nach der Exstirpationsseite hin in kleinem Bogen um. Und ohne Zögern dreht sich der Hund unter noch stärkerer Concavkrümmung der Wirbelsäule nach der Exstirpationsseite in kleinem Kreise, wenn man auf dieser Seite ein Fleischstück in der Richtung vom Kopfe nach dem Schwanze führt; während es, wenn man das Fleischstück ebenso auf der anderen Seite des Hundes bewegt, äusserst selten und erst nach vielen vergeblichen Versuchen einmal gelingt, den Hund zu einer Drehung unter schwacher Concavkrümmung seiner Wirbelsäule nach der unverletzten Seite zu veranlassen. Mit Vertauschung der Seiten zeigt sich demnach an der Wirbelsäule ein analoges Verhalten wie an den Extremitäten: die Wirbelsäule-Muskeln sind schlaffer und kommen schwerer und weniger in Bewegung auf der unverletzten Seite, als auf der Exstirpationsseite.

Die althergebrachte Vorstellung von den Zwangsbewegungen als Reizerscheinungen hat es verschuldet, dass dies nicht schon Hr. Luciani erkannte, da er die Concavität der Wirbelsäule nach der Exstirpationsseite hin sah, sondern eine Contraction der Rumpfmuskeln dieser Seite die Krümmung verursachen liess[1]. Man ist jedoch auch später nicht ins Klare gekommen, als man die Zwangsbewegungen für Ausfallserscheinungen erklärt hatte. Hr. Lewandowsky, der ferner noch die Bevorzugung der Kreisbewegung nach der Exstirpationsseite bemerkte[2], hat doch diese Kreisbewegung und jene »Zwangshaltung« mit dem Rollen des Hundes zum besonderen Symptomencomplex der Zwangsbewegungen vereinigt, den er von den übrigen Erscheinungen nach Kleinhirnverletzungen abtrennte[3] und für seine Theorie des Kleinhirns nicht weiter in Betracht zog: und dabei sagt er selber, dass es hinter den Thatsachen zurückbleibt, wenn man die Dauer der Zwangsbewegung und der Zwangshaltung selbst nur zu vier Wochen nach der Operation annehmen wolle[2]. Abgesehen von den Zwangsbewegungen, haben Hr. Luciani, Hr. Thomas und Hr. Lewandowsky, verführt offenbar durch das in die Augen fallende Verhalten der Extremitäten, alle Muskeln der Exstirpationsseite und Hr. Thomas[4] sogar ausdrücklich die Rumpfmuskeln dieser Seite abnorm schlaff,

---

[1] Cerv. 168. — Später hat noch Russell (a. a. O. 860) einen Spasmus der paretischen Rumpfmuskeln der Exstirpationsseite angenommen, in Übereinstimmung damit, dass auch die paretischen Extremitäten dieser Seite im Spasmus wären.

[2] A. a. O. 147. [3] Ebenda 151. [4] A. a. O. 327.

ihren Tonus vermindert sein lassen und demgemäss den Einfluss der Kleinhirnverletzung als einen gleichseitigen oder — auf grund ihrer Deutung der Restitution und der Folgen des Medianschnittes durch das Kleinhirn — als vorwiegend oder wesentlich gleichseitigen hingestellt[1]. Selbst die experimentellen Reizungserfolge am Kleinhirn, die wiederholt dabei zur Sprache kamen, haben nicht zur richtigen Erkenntniss hingeleitet, obwohl es nahelag, dass, wenn die einseitige Reizung am Kleinhirn Bewegungen an den Extremitäten auf der gleichen und an der Wirbelsäule auf der entgegengesetzten Seite veranlasste[2], die einseitige Exstirpation am Kleinhirn auch die Beweglichkeit der Extremitäten auf der gleichen Seite und der Wirbelsäule auf der entgegengesetzten Seite schädigte.

Schliessen wir vorerst die Erscheinungen der ersten zwei Wochen nach der halbseitigen Kleinhirnexstirpation von unserer Betrachtung aus, so ist es also schon durch unsere früher durchgeführte Untersuchung[3] ausgemacht, dass durch den halbseitigen Kleinhirnverlust, infolge des Fortfalls der beständig schwach erregten motorischen centralen Elemente der Kleinhirnhälfte, die Erregbarkeit von Mark- und Muskelcentren für den Bereich der Wirbelsäule auf der entgegengesetzten Seite und für den Bereich der Extremitäten auf der gleichen Seite unter die Norm herabgesetzt ist. Infolgedessen kann es natürlich auch zu Gleichgewichtsstörungen des Hundes kommen, zu Schwanken und Fallen, wie wir es in den ähnlichen Fällen sehen, in denen die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven für die beiden Extremitäten derselben Seite durchschnitten sind oder die Extremitätenregionen einer Grosshirnhemisphäre exstirpirt sind. Aber im Zittern, Schwanken, Taumeln, Fallen nach der halbseitigen Kleinhirnexstirpation bieten sich noch Störungen dar, die in diesen Fällen nicht vorkommen und durch jene Herabsetzung der Erregbarkeit nicht erklärlich sind. Diese besonderen Störungen hat Hr. Luciani, wie uns durch die zusammenfassende Darlegung[4] seiner Ausführungen schon bekannt ist, auf die mangelnde Continuität der Muskelcontractionen infolge unvollständiger Verschmelzung der Elementarimpulse oder unvollkommener Summation der Einzelimpulse zurückgeführt, und darum hat er seinen verstärkenden Einfluss des Kleinhirns ausser in der tonischen und der sthenischen noch in der statischen Wirkung sich äussern lassen.[5] Dem entgegen erkennen wir in den Störungen

[1] Luciani, Klh. 282, 335. — Lewandowsky, a. a. O. 157, 177.

[2] Nothnagel, Virchow's Archiv 68. 1876. 36 ff. — Lewandowsky, a. a. O. 149—50. — Lourié, Neurolog. Centralbl. 1907. 653 ff.

[3] II 22 ff. [4] I 476.

[5] Lewandowsky hat das, was gerade so charakteristisch für das Kleinhirn in Bezug auf Function und Functionsausfall ist, derart verkannt, dass seine hierherge-

nur eine Schädigung wieder der feineren Gleichgewichtserhaltung beim Liegen, Sitzen, Gehen u. s. w., die durch die Totalexstirpation als Function des Kleinhirns sich ergab.

Nach unseren früheren ausgedehnten Erörterungen[1] darf ich mich kurz fassen. Man kann, wenn man zuerst nach der halbseitigen Exstirpation am liegenden Hunde das Zittern und Schwanken von Kopf und Rumpf sieht, an zitterige Contractionen denken, aber man muss den Gedanken bald fallen lassen. Bei allen Bewegungen aller Körperteile des Hundes verlaufen alle Muskelverkürzungen, sie seien klein oder gross, kurz oder lang, der unverletzten oder der verletzten Seite zugehörig, durchaus normal, ohne dass etwas Zitteriges an ihnen zu sehen oder zu fühlen oder aus irgend einer Besonderheit zu erschliessen wäre. Ein Uebergang anfänglicher tonischer Spasmen in klonische und oscillatorische Bewegungen kommt gar nicht vor. Der Hund kann von vorneherein den Kopf frei hochhalten, dann den Vorderrumpf auf den vorgestreckten Vorderbeinen und schliesslich auch den Hinterrumpf auf den gebeugten und unter den Bauch gezogenen Hinterbeinen erhoben halten ohne jedes Zittern und Schwanken. Diese stellen sich lediglich unter Umständen als Begleit- oder Abschlusserscheinungen von Bewegungen, die der Hund macht, ein: als Begleiterscheinungen, wie ich es beim Fressen genauer beschrieb[2], wenn Kopf und Rumpf erheblich aus dem Gleichgewicht gebracht und so lange sie nicht wieder genügend unterstützt sind; als Abschlusserscheinungen, wenn Kopf und Rumpf nach Ablauf der Bewegung wieder ins Gleichgewicht kommen. Im ersteren Falle treten gröbere und mit der Art der Bewegung wechselnde rhythmische Schwankungen auf, im letzteren Falle regelmässige hin- und hergehende Oscillationen, Schwingungen mit abnehmender Amplitude um die Gleichgewichtslage, — nach der halbseitigen Exstirpation in ganz derselben Weise wie nach der Totalexstirpation. Daher ist die Ursache des Zitterns und Schwankens nicht eine Abnormität der Art der Muskelverkürzung, noch eine Abnormität der Spannung der Muskeln in der Ruhe, sondern eine Abnormität in der feineren Gleichgewichtserhaltung des Hundes.

hörigen Bemerkungen nicht darüber hinausgehen, dass LUCIANI's Wort »statische Function« »doch mehr eine Umschreibung als eine Erklärung bedeutet«, und dass »das Schwanken als solches jedenfalls ein Symptom ist, das durchaus nicht aus dem Rahmen einer sensorischen Ataxie herausfällt und sehr wohl auf Störungen des Muskelsinnes von Rumpf und Extremitäten bezogen werden kann« (a. a. O. 156, 171). Wie dabei noch LEWANDOWSKY unter »Muskelsinn« die ganze Sensibilität der Haut, der Muskeln und der Gelenke verstand, haben wir schon oben II 22 gesehen.

[1] I 469—80.

[2] I 479.

Auch beim Taumeln und Fallen des Hundes ist diese Abnormität zu erkennen. Die Luciani'sche Angabe, dass der Hund, wenn er sich erhebt und im Gehen übt, nach der Exstirpationsseite infolge des Einknickens der Glieder dieser Seite fällt, ist nicht ganz zutreffend. Richtig ist, dass beim ersten Aufstehen und Gehen des Hundes das Fallen regelmässig nach der Exstirpationsseite hin erfolgt; und das kann auch nicht anders sein, da der Hund aus dem Liegen sich zuerst auf die Vorderbeine stellt und zuletzt mit dem in der Motilität geschädigten Hinterbeine den Rumpf hebt, dabei nur soweit, dass dieses Hinterbein mehr oder weniger schief nach unten innen bleibt. Aber nachdem wird das geschädigte Hinterbein senkrecht oder schief nach unten aussen gestellt, und dann fällt der Hund bei seinen Gehübungen sowohl auf die Exstirpationsseite wie auf die andere Seite, höchstens öfter auf die Exstirpationsseite um. Der Hund trägt beim Gehen den Rumpf etwas nach der unverletzten Seite überhängend und fällt nach dieser Seite, wenn während des Gehens das Überhängen sich verstärkt, nach der Exstirpationsseite, wenn es sich verliert, — wie sich oft constatiren lässt, wenn dort die Beine der verletzten Seite, hier die der unverletzten Seite gerade beide zugleich schwebend in der Luft sind. Später kommt es nicht mehr zu einem wirklichen Umfallen des Hundes, sondern bloss zu einem Taumeln oder Schwanken nach der Seite, indem der Hund, sobald das Fallen beginnt, ihm damit begegnet, dass er den Rumpf nach der entgegengesetzten Seite wirft; wobei es allerdings zuweilen geschieht, dass der Hund durch einen zu kräftigen Wurf nunmehr nach der letzteren Seite umfällt. Manchmal hilft sich auch der Hund damit, dass er in rascherem Weitergehen die Beine der Seite, nach der hin er schwankt, stark abducirt, die Beine der anderen Seite adducirt aufsetzt, wodurch das sogenannte Drängen des Hundes nach der Seite zustandekommt. Mithin kann man es zugeben, ohne sich erst weiter auf tiefer eindringende Fragen einzulassen, dass zu einem Theile, besonders in der ersten Zeit, durch das Einknicken oder die Schwäche der Extremitäten das Fallen des Hundes herbeigeführt wird: immer muss doch zum anderen Theile eine Schädigung der feineren Gleichgewichtserhaltung die Ursache von Fallen und Taumeln sein.

Wie gross die Schädigung ist, darüber erhält man durch die Gleichgewichtsstörungen nach der halbseitigen Exstirpation für sich allein nicht genügend Auskunft. Man muss dafür diese Störungen und die nach der totalen Exstirpation vergleichend betrachten. Dann stellen sich die letzteren in den ersteren abgeschwächt dar. Zittern, Schwanken, Taumeln, Fallen treten nach der halbseitigen Exstirpation von vorneherein seltener und weniger heftig auf, und manches, wie

das Umschlagen nach der freien Seite, wenn der Hund mit der anderen Seite an die Wand angelehnt steht, und das Vorn- oder Hintenüberstürzen, wenn der Hund geht, kommt überhaupt nicht vor. Die Störungen nehmen ferner viel rascher mit der Zeit ab und können oft schon im zweiten Monate nach der Operation ganz verschwunden scheinen, indem sie weiter nur noch ausnahmsweise und unter besonderen Umständen, z. B. wenn der Hund übermüdet ist, zu beobachten sind. Lediglich eine ansehnliche Beeinträchtigung oder ein partieller Verlust der feineren Gleichgewichtserhaltung ist es darnach, was die halbseitige Exstirpation mit sich bringt, gegenüber dem völligen Verluste, der durch die Totalexstirpation herbeigeführt wird. Wie denn auch der Hund nach der halbseitigen Exstirpation nichts von dem eigenartigen, sprungartigen Gehen des kleinhirnlosen Hundes zeigt, aus dem das Fehlen der feineren Gleichgewichtserhaltung sich entnehmen liess[1], vielmehr das Gehen mit den normalen Gehbewegungen der Extremitäten beibehält. Um das Fallen zu vermeiden, hebt er nur zu Anfang meist das Hinterbein nicht ab, ehe das gegenseitige Vorderbein auf dem Boden steht, und das Vorderbein nicht ab, bevor er das gleichseitige Hinterbein aufgesetzt hat, aber später bewegt er die Beine gewöhnlich ebenso nach einander wie in der Norm.

Nehmen wir hinzu, was vorher über die Motilitäts- und Sensibilitätsstörungen an Wirbelsäule und Extremitäten sich ergab, so lässt sich sagen, dass die feinere Gleichgewichtserhaltung, wie nach der Totalexstirpation gänzlich, so nach der halbseitigen Exstirpation zu einer Hälfte verloren ist. Wenn dies in den Beobachtungen nicht zu strengerem Ausdruck kommt und eine wesentlich kleinere Schätzung des Verlustes nach der halbseitigen Exstirpation besonders dadurch nahegelegt ist, dass der Hund nach einigen Wochen wieder gut geht und steht, während nach der Totalexstirpation der Hund zeitlebens ein schwerer Krüppel für Gehen und Stehen bleibt, so liefert die Erklärung die functionelle Compensation. Sie greift rascher und tiefer ein nach der halbseitigen Exstirpation als nach der totalen, indem nicht bloss das Hirn ohne Kleinhirn dem kleineren Schaden leichter und besser mit compensirenden Bewegungen abhelfen kann, sondern auch noch die stehengebliebene Hälfte des Kleinhirns an der Abhülfe sich betheiligt. Sehr wohl können dieser Kleinhirnhälfte die Verschiebung des Beckens nach der Exstirpationsseite und das Überhängen des Rumpfes nach der unverletzten Seite in Rechnung zu setzen sein. Jedenfalls aber wirkt auch die Kleinhirnhälfte, wie das übrige Hirn, functionell compensirend und liegt hier kein Anlass vor,

[1] II 16—19.

ihr noch ein anderes, »organisches«[1] Compensiren zuzuschreiben, bestehend in einer Abschwächung der Ausfallserscheinungen, dadurch dass die zurückgebliebene Kleinhirnhälfte durch verstärktes Functioniren allmählich die Functionen der verlorenen Kleinhirnhälfte übernimmt. Denn die Folgen des operativen Angriffs ausgenommen, die ihrer Natur gemäss eine wirkliche Grössenabnahme mit der Zeit nach der halbseitigen Exstirpation erfahren, sehen wir alle Störungen lediglich durch neu auftretende Haltungen und Bewegungen des Hundes mehr und mehr unterdrückt und soweit unschädlich gemacht werden, dass der Hund im groben die frühere Leistungsfähigkeit wiedererlangt. Und nachdem dies eingetreten ist, sehen wir jedesmal, dass die neuen Haltungen und Bewegungen infolge von Ermüdung oder schlechter Ernährung oder Erkrankung des Hundes nicht gut zustande kommen, wenn selbst schon Jahr und Tag seit der Operation vergangen sind, Zittern und Schwanken, Taumeln und Fallen wieder in der Weise sich einstellen, wie sie früher sich gezeigt hatten.

Der vorgewonnenen Einsicht in die Folgen des halbseitigen Kleinhirnverlustes entsprechen auch die Erscheinungen, die wir noch zu betrachten haben, die Erscheinungen in den ersten Wochen nach der halbseitigen Exstirpation, in denen jenen Folgen die Folgen des operativen Angriffs beigesellt sind. Heften wir uns, um die Darlegung zu vereinfachen, an die linksseitige Exstirpation, so ist eine Beeinträchtigung des Functionirens der rechten Kleinhirnhälfte, an die man wegen der Messerführung durch die ganze Länge und Dicke des Wurms zu denken hat, nicht zu constatiren; sie kann in meinen Versuchen nur unbedeutend und von sehr kurzer Dauer gewesen sein, da, wo sie zum mindesten sich zu erkennen geben musste, an den rechten Extremitäten schon am Tage nach der Operation keinerlei Abnormität zu bemerken war. Dagegen stellen die anfängliche Concavität der Wirbelsäule nach links[2] und die anfängliche Schlaffheit des linken Hinterbeines[3] und beschränkte Beweglichkeit der linken Extremitäten[4] ausser Zweifel, was die Durchtrennung des Hemisphärenstieles erwarten lässt, dass Mark- und Muskelcentren für den Bereich der linken Extremitäten und der rechten Wirbelsäulenseite beträchtlich in ihrer Erregbarkeit herabgesetzt sind, am meisten zunächst nach der Operation und mit der Zeit abnehmend. Und durch diese Herabsetzung in Verbindung damit, dass die feinere Gleichgewichtserhaltung, soweit sie der eben genannten Centren bedarf, für immer aufgehoben, die functionelle Compensation seitens des Hirns ohne Kleinhirn aber bis dahin, dass die Herabsetzung eine Zeitlang abgenommen hat, ausgeschlossen ist, erweist

---

[1] I 461. [2] S. oben 298. [3] II 20. [4] II 26.

sich alles Abnorme herbeigeführt, das sonst noch derzeit der Hund darbietet. Er macht, am Boden liegend, verschiedenartige vergebliche Aufstehversuche, wie der kleinhirnlose Hund[1], doch darin von ihm abweichend, dass er einmal schon 2—3 Tage nach der Operation in der Brustbeckenlage, einige Tage später auch in der Brustbauchlage sich zu behaupten vermag und um den 10. Tag sich aufzustellen und zu gehen versuchen kann, und dass er zweitens in den ersten Tagen die linke Seitenlage bevorzugt und öfters, wenn er sich bewegt, einmal oder mehrmals nach einander im Kreise linksherum um seine Längsachse sich dreht. Dieses Verhalten findet jetzt in allen Stücken seine Erklärung.

Die lange andauernde Unfähigkeit des Hundes, sich aufzustellen, hat Hr. Luciani auf die Schwäche der linksseitigen Extremitäten zurückgeführt; aber diese Schwäche kann nicht den ausschliesslichen und nicht einmal den hauptsächlichen Grund abgeben, da ein Hund, dem die Extremitätenregionen der rechten Grosshirnhemisphäre exstirpirt wurden, kaum dass die Narkose sich verloren hat, obwohl es mit seinen linken Extremitäten als Stützen nicht besser bestellt ist, doch sich aufstellen kann. Von grösster Bedeutung ist die Störung der feineren Gleichgewichtserhaltung, die ja rein für sich allein darin zum Ausdruck kommt, dass unser Hund durch eine Reihe von Tagen selbst nicht die normale Ruhelage am Boden einzuhalten vermag. Das tritt auch weiter darin klar hervor, dass unserem Hunde, dem mit der einen Kleinhirnhälfte ein Theil der feineren Gleichgewichtserhaltung verblieben ist, früher aus der Seitenlage herauszukommen und die Brustbecken- und Brustbauchlage zu behaupten gelingt, als dem Hunde, der das ganze Kleinhirn eingebüsst hat.

Naturgemäss verfolgt, wie der Hund ohne Kleinhirn, so auch unser Hund von der Zeit an, da er nach der Operation aus der Narkose erwacht, sein Ziel, aus der Seitenlage zu kommen und sich zu erheben, nicht nur den inneren und äusseren Anregungen gemäss mit bald mehr, bald weniger andauernden und nach längeren oder kürzeren Pausen wiederholten Bewegungen, sondern auch mit verschiedenen Bewegungsarten, indem er, was ihm auf die eine Weise misslang, unter Ausnutzung aller seiner Mittel auf andere Weisen zu erreichen sucht. So versteht sich, dass auch hier während der ersten Tage in buntem Wechsel die mannigfachen Aufstehversuche zur Beobachtung kommen, wie ich sie für den Fall der Totalexstirpation beschrieb[1], mit Zurückfallen in die alte Seitenlage, Rollen um 180° in die andere Seitenlage, Hintenüberschlagen in die Seitenlage, Rückwärtsverschieben am Boden im Kreise; stehen ja unserem Hunde alle

[1] I 457.

die Mittel zu Gebote, die der kleinhirnlose Hund besitzt. Doch über noch mehr Mittel verfügt unser Hund mit der ungeschädigten Beweglichkeit seiner rechten Extremitäten und seiner linken Wirbelsäulenseite; und gerade wie deshalb zu erwarten ist, dass er noch Aufstehversuche anderer Art zustandebringt, kommt bei ihm das auffällige Rollen im Kreise hinzu. Während beim kleinhirnlosen Hunde erst durch starke Reizung hin und wieder Rollen im Kreise herbeigeführt wird, und zwar Rollen rechtsherum oder linksherum im Kreise mehrmals nach einander[1], schiebt sich bei unserem Hunde öfters in die Reihe der spontanen Aufstehversuche ein- oder mehrmaliges Rollen im Kreise ein, tritt schon infolge leichter Aufregung des Hundes fast regelmässig ebensolches mehrmaliges Rollen auf und erfolgt all das Rollen ausschliesslich linksherum. Für die volle Aufklärung dieses Rollens bedarf es nur des näheren Zusehens. Schon im Rollen um 180° zeigt sich dann Absonderliches. Solches Rollen kommt beim kleinhirnlosen Hunde rechtsherum wie linksherum sehr häufig in der Art vor, dass Brust und Bauch dem Boden zugewandt bleiben, und nur vereinzelt in der anderen Art, dass Brust und Bauch nach oben kommen. Dagegen rollt unser Hund, wenn er sich, wie es zumeist der Fall ist, in der linken Seitenlage befindet, ebensowohl linksherum mit dem Bauche nach oben wie rechtsherum mit dem Bauche nach unten in die rechte Seitenlage, und wenn er auf der rechten Seite liegt, fast jedesmal linksherum mit dem Bauche nach unten, nur ausnahmsweise rechtsherum mit dem Bauche nach oben in die linke Seitenlage. Was er hiernach in der linken Seitenlage voraushat, das Rollen mit dem Bauche nach oben, und was er in der rechten Seitenlage so sehr bevorzugt, das Rollen mit dem Bauche nach unten, wird aber von seinen ungeschädigten Körpertheilen, den rechten Extremitäten und der linken Wirbelsäulenseite, geleistet und mit Leichtigkeit vollführt, während sonst alles Rollen um 180° bei unserem und dem kleinhirnlosen Hunde nur mühsam zustandekommt. Die Acte für das Rollen mit dem Bauche nach oben, das Zurücknehmen und Seitwärtswenden des Kopfes, das Drehen des Beckens und das Strampeln der oben liegenden Beine, diese Acte, die sonst immer langsam, oft mit ansehnlichen Pausen nach einander erfolgen, vollziehen sich rasch, wenn unser Hund aus der linken Seitenlage linksherum rollt; und noch rascher bringt unser Hund in der rechten Seitenlage mit den rechten Extremitäten den Rumpf in die Höhe, mehr oder weniger hoch nach oben links, bis er auf die andere Seite hinüberfällt, ja wirft er ihn meist blitzschnell aus der rechten in die linke Seitenlage um. Unseren Hund befähigen

[1] I 465.

also seine unversehrten Körpertheile zu nicht nur neuen, sondern besonders auch leichteren Aufstehversuchen, und deshalb werden diese vorzugsweise ausgeführt, insbesondere häufig und bald das Emporheben des Rumpfes mit den rechten Beinen, so dass der Hund nur selten auf der rechten Seite ruhend zu sehen ist[1]. Demgemäss rollt auch oft unser Hund, nachdem er linksherum aus der linken in die rechte Seitenlage gerollt ist, sogleich weiter in die linke Seitenlage: es entsteht so das einmalige Rollen linksherum im Kreise, das immer nur in dieser Weise, nicht aus der rechten in die rechte Seitenlage erfolgt. Und mehrmals nach einander wiederholt sich dasselbe Rollen im Kreise, wenn der Hund aus inneren Gründen oder durch äussere Reizungen zu länger andauernden Bestrebungen, sich aus seiner Lage zu befreien, oder zu Fluchtversuchen veranlasst ist. Selbst noch wenn er in grosser Aufregung sehr rasch so rollt, lässt die Ungleichheit des Rollens von der rechten in die linke und von der linken in die rechte Seitenlage, das Hochheben des Rumpfes dort und das Verbleiben des Rumpfes am Boden hier, deutlich erkennen, wie der Hund seine ungeschädigten Körpertheile für die Bewegung ausnutzt. Zuweilen geschieht es inmitten dieses Rollens, dass der Hund einmal beim Heben des Rumpfes in der Streckung der rechten Beine mit dem Hinterbeine gegen das Vorderbein zu weit zurückbleibt; dann schlägt er von der rechten Seitenlage rücklings hintenüber in die linke Seitenlage und rollt ohne Unterbrechung linksherum weiter.

Mit der Erschwerung, welche für die Bewegungen der linken Extremitäten unseres Hundes die Schädigung von deren Mark- und Muskelcentren mit sich bringt, findet es seine einfache Erklärung, dass an den Aufstehversuchen unseres Hundes und seinem Strampeln, z. B. wenn man ihn vom Lager aufnimmt, schon früh die linken Extremitäten sich betheiligen und bloss im Ausmaass der Beugungen und Streckungen hinter den rechten Extremitäten zurückbleiben, isolirte willkürliche Bewegungen aber, wie sie öfters an den rechten Extremitäten als Beugung, Streckung, Abduction, Adduction zur Beobachtung kommen, in den ersten Wochen selten an den linken Extremitäten auftreten. Daraus ist dann weiter verständlich, dass in den

[1] Legt man unseren Hund, nachdem man ihn eine Zeitlang vertical in der Luft gehalten hat, mit seiner linken Seite auf den Boden, so bleibt er ruhig liegen, und sein nächster Aufstehversuch, oft nach langer Zeit, ist in der Regel eine Rollbewegung linksherum. Dagegen wirft er sich, wenn man ihn auf die rechte Seite legt, sofort mit den rechten Beinen auf die linke Seite um. Man kann dies verhindern, indem man unmittelbar nach dem Hinlegen, während er den Rumpf emporzuheben beginnt, die Hände lose auf seiner linken Seite hält: dann liegt er eine Weile — nach meinen Erfahrungen längstens etwa eine Viertelstunde — in voller Ruhe, und die erste Bewegung, die er macht, ist, dass er sich mit den rechten Beinen umwirft.

ersten Tagen an unserem auf der Seite liegenden Hunde das linke Vorderbein gewöhnlich gerade ausgestreckt sich zeigt, während das rechte Vorderbein nur zu Zeiten so gestreckt, zu anderen Zeiten in allen Gelenken gebeugt ist. Eine tonische Streckung oder eine tetanische Contraction der Beinmusculatur besteht hier am linken Vorderbeine gerade so wenig, wie nach der Totalexstirpation an beiden Vorderbeinen, wie sich auf die früher angegebenen Weisen[1] constatiren lässt, und wie hier überdies noch die Beobachtung darthut, dass das ungeschädigte rechte Vorderbein manchmal durch Stunden unbewegt in derselben Stellung verharrt wie das geschädigte linke Vorderbein. Vielmehr verbleibt nur das linke Vorderbein in den Pausen zwischen den Aufstehversuchen in der Streckstellung als Ruhestellung, weil es nicht, wie das rechte Vorderbein, durch isolirte Beugebewegungen zu anderen Ruhelagen gelangt. Ähnliches, den Umständen gemäss modificirt, bietet sich dar, wenn man unseren Hund emporhebt und mit den Armen fest an der Brust umfasst senkrecht in der Luft hält. Die Folgen des Verfahrens sind an einem unversehrten Hunde, dass die Vorderbeine gestreckt nach vorn gehen und in der steifen Streckung eine Zeitlang verbleiben, bis Beugung eintritt, die Dauer der Streckung aber am grössten die ersten Male ist, wo sie einige Minuten betragen kann, und unter der Wiederholung des Verfahrens kleiner wird, bis das Beugen alsbald dem Strecken nachfolgt. Offenbar hebt der Hund die reflectorische tonische Streckung, die ein natürliches Schutzmittel für den Fall des Sturzes abgiebt, willkürlich auf, wenn er sich sicher fühlt; man braucht nur im Festhalten des Hundes nachzulassen, um sogleich wieder die gebeugten Extremitäten in Streckung übergehen zu sehen. An unserem Hunde gerathen auch beide Vorderbeine in steife Streckung, aber nur am rechten Vorderbeine folgt die Beugung wie am unversehrten Thiere; am linken Vorderbeine bleibt in der ersten Woche die Beugung aus, selbst wenn man die Beobachtung auf 10 bis 15 Minuten ausdehnt, und tritt sie in den nächsten Wochen wesentlich oder zum mindesten deutlich später als am rechten Vorderbeine ein.

Als letzter Abnormität ist der Luciani'schen Spiraldrehung von Hals und Kopf[2] zu gedenken, der Drehung, die in den ersten Tagen — neben der Concavität der Wirbelsäule nach der Exstirpationsseite — an der Halswirbelsäule des in Ruhe befindlichen Hundes besteht. Wenn unser Hund senkrecht emporgehalten sich nicht bewegt, hält er in den ersten Tagen den Kopf regelmässig mit der Schnauze nach links gerichtet. Ebenso gedreht zeigt sich der Kopf an dem auf dem Boden liegenden Hunde, so lange dieser nach der Operation unter der ab-

---

[1] I 466—7. [2] S. oben 296.

laufenden Narkose noch nicht viel sich bewegt: in der rechten Seitenlage des Hundes berühren rechte Halsseite und Hinterkopf den Boden und geht die Schnauze schief nach links oben in die Luft; in der linken Seitenlage liegt der Hals hohl und berührt der linke Vorderkopf, manchmal die Schnauzenspitze den Boden. Haben die kräftigen Aufstehversuche begonnen, so können infolge dieser Versuche und der sonstigen freiwilligen Kopfbewegungen allerlei Hals- und Kopfstellungen zur Beobachtung kommen, und man darf sich dadurch hinsichtlich unserer Spiraldrehung nicht täuschen lassen, wie es Hrn. Luciani ergangen ist, der diese Drehung (oder die Schnauze des Hundes) nach der unverletzten Seite gerichtet sein liess[1], während sie die Richtung nach der Exstirpationsseite hat, wie Hr. Russell[2], Hr. Thomas[3] und Hr. Lewandowsky[4] zutreffend angegeben haben. Erst recht ist natürlich nichts für die Spiraldrehung aus den oft ganz verkehrten Hals- und Kopfstellungen zu entnehmen, die durch die Aufstehbewegungen zustandekommen, wenn das Rollen im Kreise irgendwie, z. B. durch die Wandungen des Käfigs behindert ist; so war bei dem von Hrn. Lewandowsky[4] geschilderten links operirten Hunde, der in einer Ecke des Käfigs auf der linken Seite lag, die Halswirbelsäule spiralig nach links und hinten gekrümmt, so dass die rechte Halsseite den Boden des Käfigs berührte, und lag die Schnauze auf dem Rücken, so dass der Hund über sich selbst hinwegsah. Es lohnt im übrigen schwerlich, die Spiraldrehung weiter zu verfolgen; denn es ist nicht zu vergessen, dass an dem Hunde die Nackenmuskeln bei der Operation grob abgetrennt und grob mit ein paar Nähten wieder angelagert sind, so dass sie auch durch die Vernarbung sich unregelmässig wieder befestigen. Von Werth ist nur noch die Feststellung, dass, wenn nicht gerade zur Zeit unser Hund einen Aufstehversuch macht, sein Kopf in jeder Richtung ohne Widerstand passiv beweglich ist. Der Spiraldrehung liegt darnach zugrunde, dass die Halswirbelsäule-Muskeln auf der unverletzten Seite schlaffer sind, als auf der Exstirpationsseite, wie es sich schon oben für die Wirbelsäule-Muskeln herausstellte: und das entspricht auch der Erfahrung, dass einseitige Reizung am Kleinhirn Drehung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite herbeiführt[5].

Nach alledem stehen beim Hunde die Folgen des halbseitigen Kleinhirnverlustes in vollem Einklange mit dem, was sich vorher für

[1] Luciani hat die Spiraldrehung in der Ruhe mit der entgegengesetzt gerichteten Spiraldrehung verwechselt, die das Rollen einleitet oder, wie er selber sagt (Klh. 286), »das Zeichen einer Neigung zum Rollen darstellt«.

[2] A. a. O. 836, 838. [3] A. a. O. 237, 307. [4] A. a. O. 139—40.

[5] S. oben 300 Anm. 2.

die Folgen des völligen Kleinhirnverlustes ergab. Und wie beim Hunde, ist es auch beim Affen. Denn hier zeigen sich nach der halbseitigen, sagen wir wieder linksseitigen Exstirpation dieselben Abnormitäten, nur dass einzelne abgeschwächt erscheinen, theils bloss wegen der grösseren Beweglichkeit und Geschicktheit des Affen, theils weil die Schädigung durch den operativen Angriff kleiner ist und die functionelle Compensation rascher vor sich geht. An die Stelle der eingehenden Untersuchung können deshalb die folgenden Bemerkungen treten.[1]

Rollen im Kreise kommt nur linksherum und nur dann zur Beobachtung, wenn man unseren Affen noch am Tage der Operation durch Reizung zu energischen Fluchtversuchen veranlasst; von selber führt es der Affe nicht aus. Aus der Aethernarkose erwacht, kommt er schon in den ersten Stunden nach der Operation, nur etwas mühsamer und später als der normale Affe, zum Sitzen am Boden, ja hin und wieder bald auch auf der Querstange des Käfigs; und auf den rechten Arm gestützt oder mit der rechten Hand an einem Gitterstabe des Käfigs befestigt, kann er eine Zeit lang in der Sitzstellung verbleiben. Aber sobald er sich bewegt, schwankt er stark hin und her, zuweilen so stark, dass er mit dem Kopfe wiederholt heftig an die Wandungen des Käfigs schlägt, und fällt er nach links um oder herunter, manchmal nachdem er noch den Sturz dadurch verzögert hat, dass er sich mit den rechten Extremitäten anderweitig neu befestigte. Hat er dann eine Weile am Boden gelegen, so setzt er sich von neuem auf und fällt früher oder später ebenso wieder um. Am Tage nach der Operation ist er schon selten liegend zu sehen und sitzt er auf dem Boden oder der Stange, mit Vorliebe angelehnt und immer mit einer oder mehreren Extremitäten — mit den rechten und auch, wennschon lockerer, mit den linken — am Gitter befestigt; er schwankt noch, sobald er sich bewegt, sehr hin und her mit der Neigung, nach links zu fallen, aber er hält sich doch zumeist aufrecht, oft unter neuer Befestigung der Extremitäten, und kommt nur selten wirklich zu Falle. Am folgenden Tage sitzt er nicht nur regelmässig in derselben Weise, sondern bewegt er sich auch schon in der Sitzstellung, vereinzelt sogar höher aufgerichtet,

---

[1] Die meisten Versuchsprotokolle meiner Vorgänger geben ein unzureichendes und, was insbesondere gerade bezüglich der Affen V, W und X von Luciani (Cerv. 95—103) wegen der operativen Nebenverletzungen gilt, ein unzutreffendes Bild des Verhaltens des Affen. Lediglich der Versuch 6 von Ferrier und Turner — Exstirpation einer Hemisphäre, auf den Wurm hinten übergreifend — (a. a. O. 728—30) ist ein guter, reiner Versuch gewesen, und mit seinen Ergebnissen stimmen die meiner Versuche überein.

auf dem Boden und der Stange, ohne umzufallen, und lässt er nur öfters ein rasch vorübergehendes schwaches oder etwas stärkeres Oscilliren von Rumpf und Kopf sehen. Und so gewinnt ferner der Affe täglich mehr an Sicherheit. Sind 8—10 Tage vergangen, so kann er frei ohne jede Hülfe der Arme wie der normale Affe, doch etwas nach rechts überhängend, am Boden sitzen und an die Wand gelehnt oder mit einem Arme auf die Stange gestützt oder am Gitter befestigt auf der Stange sitzen, dabei hier wie dort allerlei Bewegungen machen und auch in Sitzstellung Ortsveränderungen vornehmen, ohne dass mehr als ausnahmsweise einmal, wenn er weit nach der Nahrung ausgreift oder sich kratzt oder nach einer Ortsveränderung sich setzt und dergl. mehr, ein ganz kurzes schwaches Oscilliren von Rumpf und Kopf eintritt. Weiterhin ist auch ein solches Oscilliren nicht mehr zu bemerken; und nur wenn der Affe erkrankt und in der Ernährung sehr heruntergekommen ist, stellt sich in späterer Zeit Oscilliren oder stärkeres Schwanken von neuem ein. Dass unser Affe auf der Stange ganz frei wie der normale Affe sass, dahin habe ich es selbst in Monaten nicht kommen sehen. Schon 2—3 Tage nach der Operation kann unser Affe freiwillig im Zimmer gehen, allerdings zuerst schlecht, indem er den linken Arm nicht gut aufsetzt, das linke Bein fast bloss nachschleppt und häufig nach links umfällt; aber er macht so rasche Fortschritte, dass er nach 8 Tagen, ohne zu fallen oder zu taumeln, geht, nach rechts überhängend mit abducirten linken Extremitäten, insbesondere linkem Arme, und nur wenn er in Angst schnell läuft, taumelt und auch nach links oder rechts umfällt. Noch besser klettert der Affe, von Anfang an ohne merkliches Schwanken, allerdings zuerst immer langsam; aber auch wenn er nach einigen Tagen an den Gitterstäben in Angst rasch klettert und mit einer linken Extremität einen Stab nicht gut fasst oder verfehlt, tritt Hin- und Herschwanken von Rumpf und Kopf nicht ein. Die Störungen an den Extremitäten haben wir bereits früher[1] behandelt; sie sind in ihren Veränderungen mit der Zeit ebenso gut, wie für den Arm am Greifen, für das Bein am Verfehlen oder schlechten Treffen der Stange, wenn der Affe auf dieser geht, zu verfolgen. Eine Krümmung der Wirbelsäule bei voller Ruhe des Affen habe ich nicht constatiren können. Doch ist, dass auch hier, wie beim Hunde, die Beweglichkeit der Wirbelsäule auf der rechten Seite geschädigt ist, daraus zu entnehmen, dass, wenn der Affe nach der Operation von der Lage am Boden in die Sitzstellung sich erhebt, ebenso wenn er dann in der Sitzstellung einen Schritt geht, er sich

[1] I 474; II 22 ff.

zugleich ein Stück um die Längsachse nach links dreht, dass er ferner in den ersten Tagen, ruhig liegend oder sitzend, den Kopf mit dem Kinn nach links gerichtet hält, und dass, wenn der Affe später frei im Zimmer sich bewegt, er kurze Wendungen oder Drehungen regelmässig nach links, nicht nach rechts macht.

Damit könnten wir unsere Untersuchungen abschliessen, erforderte nicht noch das Schwimmen unserer Hunde eine besondere Betrachtung. »Den glänzenden Beweis«, sagt Hr. Luciani[1], »das Experimentum crucis, dass die cerebellare Ataxie nicht von dem Fehlen der Fähigkeit abhängt, im Raume das Gleichgewicht zu erhalten, sondern von dem asthenischen, atonischen und astatischen neuromusculären Zustand, liefert die von uns zuerst klar hervorgehobene Thatsache, dass ein Stadium der cerebellaren Ataxie existirt, währenddessen das Thier nicht zu gehen vermag oder geht, indem es bei jedem Schritt, den es ausführt, fällt und durch das Fallen nach vorwärts getrieben wird; und dennoch ist es ausgezeichnet imstande, sich im Wasser, wo die Erhaltung des Gleichgewichts viel schwieriger ist, an der Oberfläche zu erhalten oder sehr gut zu schwimmen, ohne dass jemals das Gleichgewicht verloren ginge, und vermag es sogleich wiederzuerlangen, sowie es verloren zu gehen droht oder verloren gegangen ist, und kann endlich mit Leichtigkeit durch geeignete Compensationsacte die Schwimmrichtung verändern, um sich dem Rande des Bassins zu nähern und herauszusteigen.« Und an anderer Stelle[2] heisst es im Hinblick auf die Zeit, da der kleinhirnlose Hund nach dem Ablaufe der dynamischen Erscheinungen »bei jedem Versuche sich aufzurichten bald auf die eine, bald auf die andere Flanke fällt« und »später sich bloss auf den vorderen Extremitäten zu erheben vermag«: »Dass dieser Zustand der Unfähigkeit des Thieres, die aufrechte Stellung anzunehmen und zu erhalten, einzig und allein von der mehr oder weniger auf alle Muskeln vertheilten Asthenie, der Atonie und der Astasie bestimmt ist und nicht von der Unfähigkeit, die Bewegungen zu coordiniren, abhängt und auch nicht von dem Fehlen des Gleichgewichtssinnes, das wird klar durch die Thatsache bewiesen, dass in dieser Periode das Thier vortrefflich zu schwimmen vermag, wie irgend ein normaler Hund.« Auf diese Weise würden, wie man sieht, nicht nur die älteren Vorstellungen, die das Kleinhirn das Gleichgewichtsorgan des Thieres oder sein Coordinationsorgan sein liessen, sondern auch was wir ermittelt haben, glänzend widerlegt sein, und wir müssen deshalb noch untersuchen, was das Experimentum crucis auf sich hat.

---

[1] Klh. 323. [2] Cerv. 198; Klh. 303.

Ich benutzte für die Schwimmversuche ein viereckiges Bassin von 3 m Länge, 1½ m Breite und 2 m Tiefe, das bis nahe zum Rande mit Wasser gefüllt war. Frische Leichen von Hunden aller Art gingen, in das Wasser gebracht, zum kleineren Theile sogleich unter; zum grösseren Theile hielten sie sich, entweder in der Seitenlage oder in der aufrechten Stellung des stehenden Hundes und höchstens etwas nach der Seite geneigt, an der Oberfläche, so dass die oberste Partie des Rumpfes noch aus dem Wasser sah, selten der Körper eben ganz eingetaucht war. Wurden diese Leichen gewaltsam aus ihrer Lage gebracht, aus der Seitenlage in die aufrechte Stellung übergeführt oder aus der aufrechten Stellung auf die Seite umgelegt, so kehrten sie alsbald zu ihrer alten Haltung an der Oberfläche zurück; wurde der dicht unter der Oberfläche befindliche Kopf aus dem Wasser gehoben, so stellte sich die Leiche etwas schräg, das Steissende tiefer ein. Diese Leichen verblieben auch in der Mehrzahl an der Oberfläche; in der Minderzahl sanken sie nach den ersten Minuten, indem aus Mund, Nase, Ohren, Haarkleid Luftblasen aufstiegen, langsam zu Boden. Normale lebende Hunde nahmen im Wasser meist sogleich die aufrechte Stellung ein, wiederum an der Oberfläche, wie die Leichen, nur dass sie den Kopf höher trugen und die Nase dicht über dem Wasser hielten; und so schwammen sie unausgesetzt unter mässigen Gehbewegungen der Extremitäten rasch geradeaus und wendend, das Wasser durchfurchend, ohne seinen Spiegel zu trüben. Sie regten das Wasser erst auf, wenn sie am Rande des Bassins aussteigen wollten und zu dem Ende sich schräg, mehr senkrecht im Wasser stellten, den Vorderkörper bis zu den Schultern aus dem Wasser gehoben, und mit den Vorderbeinen stark auf das Wasser schlugen: wobei sie unregelmässig hin und her schwankten, insbesondere nach vorn und hinten, und zuweilen es geschah, dass sie rasch durch die senkrechte Stellung hindurch in die hintenüber geneigte Stellung übergingen, jedoch alsbald, lange bevor der Scheitel das Wasser berührte, in die vornüber geneigte Stellung sich zurückwarfen. Dieselben Hunde konnten aber auch andere Male, in das Wasser gebracht, von vorneherein und mitten im Bassin die schräge, mehr senkrechte Stellung einnehmen und in dieser Stellung unter dem Schlagen der Vorderbeine und dem Treten der Hinterbeine ohngefähr an Ort und Stelle verbleiben oder langsam durch das Wasser sich vorwärtsbringen; früher oder später, wenn sie müde wurden, gingen sie zum Schwimmen in aufrechter Stellung über.

Anders verhielten sich die operirten Hunde. Nach der halbseitigen, sagen wir wieder linksseitigen Exstirpation schwamm der Hund, 8—10 Tage nach der Operation in das Wasser gebracht, an

der Oberfläche mit horizontalem Rumpfe und gehobenem Kopfe oder in schräger, mehr senkrechter Stellung, zwischen den beiden Stellungen mehrfach wechselnd, und rollte dabei unausgesetzt linksherum im Kreise, so dass er nur wenig oder unregelmässig vorwärtskam. Aber so war es nur das erste Mal, dass der Hund in das Wasser kam. Das zweite Mal und weiter schwamm er nur zeitweise so linksherum rollend, zeitweise schwamm er, schief auf der rechten Seite liegend, mit der linken Kopfhälfte und der Nase und einem Theile der linken Brust- und Bauchseite über Wasser, gut und rasch, ohne das Wasser aufzuwiegeln, in grossem Bogen nach vorn und rechts; jedesmal dass er den Rücken nach links hob, um aus der Seitenlage in die aufrechte Stellung überzugehen, stellte sich sogleich das Rollen linksherum ein und setzte sich fort, bis der Hund wieder in der schiefen rechten Seitenlage verblieb. Durch etwa 8 Tage trat keine Veränderung weiter ein, als dass das Rollen, das zuerst häufig und jedesmal mit vielen Kreisdrehungen nach einander erfolgt war, seltener wurde und sich jedesmal in der Regel auf eine oder zwei Kreisdrehungen beschränkte. Dann bei einer nächsten Prüfung lag der Hund nicht mehr schief auf der rechten Seite und rollte auch nicht mehr, sondern schwamm wie der normale Hund, lediglich mit der Abweichung, dass er sowohl in der aufrechten wie in der schrägen, mehr senkrechten Stellung ein wenig nach links überhing. Und dabei blieb es für die Folge; es war höchstens noch zu bemerken, dass er Wendungen im Schwimmen vorzugsweise nach links machte. Der kleinhirnlose Hund, 8—10 Tage nach der Totalexstirpation in das Wasser geworfen, überschlug sich, sobald er mit dem Kopfe voran in die Höhe gekommen war, und setzte das Überschlagen nach vorn, nach hinten und nach der Seite fort, bis er in kurzem in die Tiefe sank. Wurde er aber in aufrechter Stellung in das Wasser gelegt, so hielt er sich an der Oberfläche mit horizontalem Rumpfe und rollte unter Beugen und Strecken der Beine unausgesetzt im Kreise, sank dabei etwas tiefer in das Wasser ein, schlug plötzlich nach vorn um und ging unter. Nach einigen Tagen hielt der Hund den Kopf höher, so dass die Nase mehr während des Rollens ausserhalb des Wassers war; der Hund rollte jetzt länger an der Oberfläche, ging aber doch in etwa 2 Minuten kopfüber in die Tiefe. Das Rollen erfolgte hier ohne Vorwärtsbewegung und sowohl rechtsherum wie linksherum; es wechselte in der Richtung bei den verschiedenen Prüfungen desselben Thieres, behielt aber bei jeder einzelnen Prüfung die einmal angenommene Richtung bei. Nach wieder einigen Tagen stellte sich der Hund zu Anfang schräg, mehr senkrecht und hielt sich kurze Zeit in der Stellung, indem er mit den Vorderbeinen

kräftig auf das Wasser schlug, oder schwamm der Hund von vorneherein eine Weile gut mit horizontalem Rumpfe unter mässigen Gehbewegungen der Extremitäten; doch immer trat hier wie dort bald wieder das Rollen mit zeitweisem Untertauchen des Kopfes ein und sank der Hund schliesslich zu Boden. Bei einer späteren Prüfung aber — in der 4. Woche nach der Operation — rollte der Hund nicht mehr; und fortan schwamm er wie der normale Hund, von diesem nur darin, aber darin auch scharf unterschieden, dass er, wenn er von der schrägen, mehr senkrechten Stellung aus nach hinten oder zur Seite überneigte, öfters wirklich umschlug und mit dem Kopfe in das Wasser tauchte; er stellte sich dann sogleich wieder hoch, nachdem er sich auf die Bauchseite umgedreht hatte.

Vergleicht man diese Erfahrungen an den operirten Hunden mit den LUCIANI'schen, so ergiebt sich für die frühe Zeit nach der Operation die Abweichung, dass dort in den Versuchsprotokollen weder des Rollens des Hundes nach der halbseitigen oder totalen Exstirpation noch seines Liegens auf der unverletzten Seite beim Schwimmen nach der halbseitigen Exstirpation Erwähnung geschieht. Es muss dies befremden, da es sich doch um recht auffällige und über Wochen sich erstreckende Abnormitäten handelt, so dass sie auch Hrn. THOMAS schon bei den wenigen Schwimmprüfungen, die er anstellte, nicht entgangen sind[1]. Indess dürften die Abnormitäten sich auch Hrn. LUCIANI dargeboten haben. Denn was er von »Evolutionen« des Hundes im Wasser berichtet und von Manègebewegungen nach der unverletzten Seite, denen Manègebewegungen nach der Exstirpationsseite voraufgingen oder nachfolgten[2], wäre, zusammengehalten mit dem was zur Beobachtung kommt, sonst nicht wohl zu verstehen. Zudem findet sich, wo Hr. LUCIANI bei der Aufführung seiner Versuchsergebnisse sagt[3], dass die Hunde vor der Fähigkeit zu gehen im allgemeinen erst die Befähigung wiedererlangen, sich an der Oberfläche des Wassers zu erhalten und zu schwimmen, einmal die Bemerkung, dass bei den halbseitigen Exstirpationen, wenn eben das Phänomen des Rollens auf dem Fussboden aufgehört hat, das Thier, das noch nicht auf die Füsse sich zu stellen vermag, ins Bassin geworfen, häufig fähig ist, sich an der Oberfläche zu halten, aber leicht das Gleichgewicht verliert und einige Rollungen ausführt. Hr. LUCIANI scheint nur dem Schwimmen in der Seitenlage keine Bedeutung beigemessen zu haben und ebensowenig dem Rollen im Wasser, das sich zeigte, als das den vermeintlichen Reizerscheinungen zugehörige Rollen im Zimmer bereits abgelaufen war.

[1] THOMAS, a. a. O. 239, 244. [2] Cerv. 68, 78, 79, 127.
[3] Cerv. 169. — Klh. 284.

Darin aber stimmen unsere Erfahrungen mit den LUCIANI'schen überein, dass der Hund nach der halbseitigen wie der totalen Exstirpation schon gut schwimmen kann zu der Zeit, zu welcher er auf dem Fussboden noch nicht ein paar Schritte machen kann, ohne zu fallen. Und das soll also nach Hrn. LUCIANI beweisen, dass die Unfähigkeit des Hundes, die aufrechte Stellung zu erhalten und zu gehen, einzig und allein von der Asthenie, Atonie und Astasie der Musculatur abhängt. Für den Fall der halbseitigen Exstirpation, bei dem jene Unfähigkeit einzig und allein von der Schwäche der Beine der Exstirpationsseite abhängen soll[1], giebt er auch noch eine Erläuterung, die klar darthut, was er meint. »Das Thier«, sagt er[2], »ist nicht imstande, sich auf den Füssen zu halten und zu gehen, ohne die Flanke der operirten Seite anzulehnen, weil die Schwäche der Gliedmassen dieser Seite derartig ist, dass sie dem Thier nicht gestattet, das Gewicht des eigenen Körpers auf sie zu stützen. Es vermag jedoch sehr gut zu schwimmen, weil der Auftrieb des verdrängten Wassers die Last des Körpers entsprechend vermindert. Beim Schwimmen hält es die Flanke der gesunden Seite höher oben und dreht sich immer nach dieser Seite, weil die Bewegungen, die es ausführt, oder die Schläge, die es dem Wasser mit den Gliedern der gesunden Seite ertheilt, kräftiger und energischer sind als die auf der operirten Seite. Denn durch das stärkere Rudern mit den Gliedern der gesunden Seite drückt es mit diesen kräftiger das Wasser von oben nach unten, was ein höher oben Schwimmen der Flanke der gesunden Seite zur Folge hat, von vorn nach hinten, was die Vorwärtsbewegung veranlasst, und von aussen nach innen, wodurch die Krümmung und Drehung nach der gesunden Seite zustande kommt.« Nun hat es ja damit seine Richtigkeit, dass die Extremitäten nach der halbseitigen Exstirpation auf der Exstirpationsseite und nach der Totalexstirpation auf beiden Seiten schwächer sind als normal: trotzdem ist die LUCIANI'sche Beweisführung verfehlt und, was bewiesen sein soll, unrichtig.

Nach den Versuchen an der Leiche ist das specifische Gewicht des Hundes — infolge des Luft- und Fettgehaltes — ohngefähr das des Wassers; und lassen wir es selbst am lebenden Hunde auch während der Einathmung grösser als das des Wassers sein, so übertrifft es doch das letztere nur so wenig, dass beim schwimmenden Hunde der allergrösste Theil des Körpergewichts durch den Druck des umgebenden Wassers getragen wird. Damit der normale Hund sich an der Oberfläche des Wassers aufrecht halte und schwimme,

---

[1] Cerv. 186—7. [2] Klh. 290. — S. auch Cerv. 187.

genügen deshalb wesentlich schwächere Gehbewegungen der Extremitäten, als damit der Hund sich im Zimmer aufrecht halte und gehe. Zudem ist auch die Erhaltung des Gleichgewichts nicht, wie Hr. Luciani meint[1], viel schwieriger, sondern leichter im Wasser als im Zimmer. Denn das Gleichgewicht ist am stehenden und gehenden Hunde sehr labil, weil der Schwerpunkt hoch über der Umdrehungsachse am Boden sich befindet, während es am schwimmenden Hunde, dessen Schwerpunkt etwas unterhalb des Schwerpunktes der verdrängten Wassermasse gelegen ist, wie wiederum die Versuche an der Leiche zeigen, stabil ist. Daher wird ein Hund, der wegen Schwäche der Extremitäten oder wegen unzureichender Gleichgewichtserhaltung oder aus beiden Gründen sich nicht aufrecht im Zimmer und im Wasser halten kann, immer, wenn die Abnormität mit der Zeit abnimmt, eher sich aufrecht zu halten und zu schwimmen imstande sein, als sich aufrecht zu halten und zu gehen. Aber darum ist nicht ohne weiteres umgekehrt, wenn ein Hund bei abnehmender Schwäche der Extremitäten zu einer Zeit gut aufrecht schwimmen kann, zu der er noch nicht sich aufrecht zu halten und zu gehen vermag — ich will diese Zeit der Kürze halber die kritische nennen —, der Schluss gestattet, wie ihn Hr. Luciani gezogen hat, dass die Unfähigkeit des Hundes, sich aufrecht zu halten und zu gehen, einzig und allein von der Schwäche der Extremitäten abhängt. Denn es ist nicht ausgeschlossen, dass zur kritischen Zeit doch eine Störung der Gleichgewichtserhaltung besteht, zu klein, um das gute Schwimmen, aber gross genug, um das Aufrechtbleiben und Gehen des Hundes zu verhindern.

Einfach ergiebt sich denn auch die Unrichtigkeit des Schlusses bei unseren Hunden. Der kleinhirnlose Hund, der gut schwimmen, aber nicht ein paar Schritte aufrecht machen konnte, vermag später längere Zeit zu gehen, ohne zu fallen oder selbst nur zu taumeln. Wäre nun, was zur kritischen Zeit das Gehen unmöglich machte, lediglich eine gewisse Schwäche der Extremitäten gewesen, so bestände diese Schwäche jetzt nicht mehr; und da der Hund, wie längst gerade sein Schwimmen gezeigt hat, im Besitze der normalen Gehbewegungen der Extremitäten ist, müsste er jetzt normal gehen. Das ist aber nicht der Fall, der Hund kann zeitlebens nur hüpfend oder sprungartig gehen und fällt, wenn er normal zu gehen versucht; also kann die frühere Unfähigkeit, sich aufrecht zu halten und zu gehen, nicht einzig und allein von der Schwäche der Extremitäten abhängig gewesen sein. Noch weiter führt eine ähnliche Betrachtung im Falle der halbseitigen Exstirpation. Hier kommt am schwimmenden

---

[1] S. oben 312.

Hunde zur kritischen Zeit die Schwäche der Extremitäten der Exstirpationsseite, wie Hr. Luciani richtig bemerkt hat, darin zum Ausdruck, dass die Flanke der gesunden Seite höher oben schwimmt, dass der Hund ein wenig nach der Exstirpationsseite überhängt. Wäre durch diese Schwäche das Aufrechtbleiben und Gehen des Hundes verhindert, so müsste später, wenn der Hund gehen kann, die Schwäche abgenommen haben, und dementsprechend müsste die Haltung des Hundes beim Schwimmen verändert sein. Eine solche Veränderung zeigt sich jedoch nicht, vielmehr schwimmt der Hund nachher gerade so überhängend wie zuvor. Daher kann die Schwäche der Extremitäten zur kritischen Zeit nicht einmal irgend wesentlich mitgewirkt haben, dass der Hund sich nicht aufrecht zu halten und zu gehen vermochte. Aber diese Einsicht hat auch gar nichts Überraschendes. Denn schon jenes geringe Überhängen des schwimmenden Hundes thut die Schwäche der Extremitäten als viel zu unbedeutend kund, als dass durch sie nach unseren sonstigen Erfahrungen Stehen und Gehen verhindert sein konnten; und dazu lehrt die Verfolgung der Schlaffheit der Extremitäten, an der ihre Schwäche am besten sich ermessen lässt, dass sie mit ihrer Abnahme nach der Operation zur kritischen Zeit bereits die geringe Grösse erreicht hat, auf der sie für die Folge verbleibt[1]. Hr. Luciani hat allerdings öfters vom Einknicken der Extremitäten gesprochen, auch wo der Hund zur kritischen Zeit und später taumelte oder fiel, aber nach dem, was am Thiere zu sehen ist, mit nicht mehr Recht und nicht weniger Willkür, als wenn er gesagt hätte, dass derzeit die Extremitäten sich beugten, weil der Hund taumelte oder fiel. Und wenn er sich darauf berufen wollte, dass der Hund zur kritischen Zeit imstande ist, sich auf den Füssen zu halten und zu gehen, wenn er die Flanke der operirten Seite anlehnt[2], so braucht man nur zu beachten, wie dafür zu dieser Zeit schon eine sehr wenig ausgedehnte Anlehnung an die Wand, schon eine ganz lose Anlehnung an die Hand ausreicht, um daran, dass dann beim Gehen, wenn die Füsse nach einander abgehoben werden, der Hund nicht niederbricht, zu erkennen, dass die Extremitäten nicht zu schwach sind, die Körperlast zu tragen.

Mit dem Experimentum crucis ist es also nichts. Im Gegentheil erweist sich das ganze Verhalten, das die operirten Hunde im Wasser zeigen, durchaus entsprechend unseren früheren Ermittelungen. Durch den Verlust des Kleinhirns ist zwar lediglich die feinere Gleichgewichtserhaltung untergegangen, aber zunächst nach der Operation fehlt auch die gröbere und damit alle Gleichgewichtserhaltung, weil

---

[1] II 20. [2] S. oben 316. — Cerv. 187.

durch die herabgesetzte Erregbarkeit der Mark- und Muskelcentren für den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten das Wirken der stehengebliebenen Hirntheile ausgeschlossen ist. Im Zimmer kann da der kleinhirnlose Hund zuerst in der Seitenlage, dann in der Brustbauchlage ruhig liegen; aber im Wasser muss er, um nicht unterzugehen, seine Extremitäten stets in Bewegung halten; und so kommt es, weil er gleichzeitig das Bestreben hat, das ihm unversehrt verblieben ist, den Rücken nach oben und den Bauch nach unten zu bringen, zum vielen Überschlagen und fortgesetzten Rollen im Kreise. Diese verlieren sich dann mehr und mehr und machen dem aufrechten Schwimmen Platz in dem Maasse, in dem die Erregbarkeit der bezeichneten Centren zunimmt und die stehengebliebenen Hirntheile mit der gröberen Gleichgewichtserhaltung zu Hülfe kommen; bis der Hund schon zu einer Zeit, zu der er noch nicht gehen kann, gut schwimmt, weil die Gleichgewichtserhaltung im Wasser leichter ist. Doch schwimmt der Hund jetzt nicht »vortrefflich wie irgend ein normaler Hund« und nicht »ohne dass jemals das Gleichgewicht verloren ginge«[1], sondern verräth auch im Wasser jetzt und in der Folge den Verlust der feineren Gleichgewichtserhaltung, indem er öfters von der schrägen, mehr senkrechten Stellung aus umschlägt und mit dem Kopfe untertaucht. Nach der linksseitigen Exstirpation, nach der alle Störungen nur halb so ausgedehnt sind und der Hund schon nach einigen Tagen die Brustbauchlage am Boden einhalten kann, kommt es im Wasser 8—10 Tage nach der Operation nur zum Rollen im Kreise und erfolgt dieses Rollen ausschliesslich linksherum, weil die ungeschädigten rechten Extremitäten, indem sie viel stärker als die linken stossen, den Rumpf immer mit dem Wurfe nach links aus dem Gleichgewicht bringen. Indess weiss sich der Hund hier bald dadurch zu helfen, dass er von dem Bestreben, den Rücken nach oben und den Bauch nach unten zu bringen, ablässt und schief auf der rechten und immer nur auf dieser Seite liegend schwimmt, so dass die Gehbewegungen der rechten Extremitäten ihn an der Oberfläche des Wassers halten und gut vorwärtsführen, aber nicht mehr nach links umfallen machen und dadurch zum Rollen bringen. Durch diese Gehbewegungen bei dieser Lage schwimmt er auch in grossem Bogen nach rechts[2]. Hat

---

[1] S. oben 312.

[2] Dass Luciani (Cerv. 187, 188—9; 69, 73, 86, 92) bei aufrechter Stellung des schwimmenden Hundes das functionelle Überwiegen (die stärkeren Ruderschläge) der Extremitäten der unverletzten Seite zwangsweise Manègewindungen nach dieser unverletzten Seite herbeiführen lässt, ist mir unverständlich geblieben; ebenso seine neuerliche Bemerkung (Klh. 290, s. oben 316), dass die Extremitäten der unverletzten Seite das Wasser kräftiger »von aussen nach innen« drücken, wofür sich gar keine thatsächliche Unterlage findet.

die Herabsetzung der Erregbarkeit der Centren soweit abgenommen, dass der Unterschied in der Stärke der Gehbewegungen zwischen den beiderseitigen Extremitäten nur noch gering ist, so ist auch der Verlust der feineren Gleichgewichtserhaltung soweit durch die stehengebliebenen Hirntheile functionell compensirt, dass der Hund gut in aufrechter Stellung schwimmt, wiederum eher, als er sich aufzustellen und zu gehen vermag. Sein leichtes Überhängen nach links zeigt dann die restirende Schwäche seiner linken Extremitäten an, und dieser lässt es sich auch neben der leichteren Beweglichkeit der linksseitigen Wirbelsäule-Musculatur zuschreiben, dass der Hund fortan die Wendungen im Schwimmen vorzugsweise nach links macht.

Merkwürdig ist, dass Hr. Luciani, der so eifrig das Schwimmen verfolgte, gerade auf das nicht aufmerksam wurde, was die bedeutsamsten seiner Vorstellungen von den Folgen des Kleinhirnverlustes bündigst widerlegen konnte. War das Rollen im Kreise, das nach der halbseitigen Exstirpation der Hund am Boden vollführte, eine der Reizerscheinungen, die in 8—10 Tagen nach der Operation sich verloren, oder, was Hr. Luciani neuerlich zu glauben vorzog[1], die Folge eines zu derselben Zeit bestehenden Schwindels, so durfte es am Hunde im Wasser nicht noch in der 2. und 3. Woche nach der Operation auftreten. Und vor allem, rührten bei dem liegenden, stehenden und gehenden Hunde das Zittern und Schwanken, das Zögern oder die Unsicherheit in der Bewegung, der charakteristische Mangel an Continuität, beziehungsweise an Festigkeit in den Bewegungen der Gliedmaassen und der Wirbelsäule von der Luciani'schen »Astasie« her, d. h. daher, dass die Muskelcontractionen in zitternder Weise erfolgten, die Elementarimpulse unvollständig verschmolzen, die Einzelimpulse sich unvollkommen summirten[2], so mussten ebensolche oder ähnliche Abnormitäten beim schwimmenden Hunde sich zeigen; aber da hat Hr. Luciani nichts davon zu berichten gefunden, da ist nichts davon zu sehen, nicht einmal das leiseste Zittern des durch andauernde Muskelthätigkeit mit der Nase über Wasser gehaltenen Kopfes.

10.

Natürlich habe ich bei der Verfolgung der totalen und der halbseitigen Exstirpation, nicht nur bevor ich das zweckentsprechende Operationsverfahren fand, sondern auch nachher, wenn die Exstirpation nicht wie beabsichtigt zur Ausführung kam, noch von vielen anderen Verstümmelungen des Kleinhirns die Folgen für Hund und

[1] Klh. 287. [2] Vgl. I 476.

Affen kennen gelernt. Den Rahmen unserer Untersuchung zu erweitern, gestatten diese Erfahrungen nicht; denn sie können, weil die Ausdehnung der Verstümmelung von Fall zu Fall unregelmässig wechselte, in Betreff der Bedeutung der kleineren Kleinhirnpartien nur als Hinweis gelten, nicht als zuverlässige Auskunft, die wiederum nur durch methodische Exstirpationen zu gewinnen sein wird. Sie verleihen aber dadurch, dass sie anderweitige Abnormitäten nicht aufwiesen und mit den vorgeführten Ergebnissen als Ergebnisse unvollkommener Versuche gut zusammenstimmten, noch erhöhte Sicherheit unseren Ermittelungen, die wir nunmehr im ganzen übersehen wollen.

Das Kleinhirn ist darnach ein nervöser Bewegungsapparat des Thieres, dessen Herrschaft sich auf Wirbelsäule- und Extremitäten-Muskeln erstreckt, oder schärfer ausgedrückt, dessen motorischen centralen Elementen Mark- und Muskelcentren für den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten untergeordnet sind. Die Unterordnung ist in dem Bereiche eine sehr weit ausgedehnte, doch nicht eine allgemeine; so unterstehen die Centren der die Endglieder der Extremitäten bewegenden Muskeln dem Kleinhirn nicht. Jeder seitlichen Kleinhirnhälfte sind die Centren für den Bereich der gleichseitigen Extremitäten und der entgegengesetzten Wirbelsäulenseite zugehörig.

Im unthätigen Kleinhirn des wachen Thieres sind, wie in seiner Grosshirnrinde, dem Hirnstamm und dem Rückenmark, die motorischen centralen Elemente immer schon schwach erregt und halten dadurch ihrerseits die ihnen untergeordneten Mark- und Muskelcentren in schwacher Erregung oder erhöhter Erregbarkeit. Was die Erregung der motorischen centralen Elemente des Kleinhirns unterhält, das sind die sensiblen Erregungen, die beständig aus dem Bereiche von Wirbelsäule und Extremitäten auf den Bahnen der Tiefensensibilität, nicht der Hautsensibilität, zu den Elementen gelangen und auf dem Wege über das Kleinhirn die Grosshirnrinde erreichen. Doch ist es nicht ausgeschlossen und sogar wahrscheinlich, dass ausserdem noch anderswoher stammende sensible oder sensorielle, wie intercentrale Erregungen, die den Elementen zufliessen, ihre ständige schwache Erregung veranlassen.

Thätig, leistet das Kleinhirn mittels Wirbelsäule- und Extremitäten-Bewegungen die feinere Gleichgewichtserhaltung oder Gleichgewichtsregulirung des Thieres, die unbewusst bei den gewöhnlichen Haltungen und Bewegungen des Thieres, beim Liegen, Sitzen, Stehen, Gehen, Klettern, Schwimmen u. s. w. sich vollzieht, so dass selbst während der Bewegung es nicht zu einer gefährlichen Störung des Gleichgewichts kommt und mit dem Abschlusse der Bewegung so-

gleich wieder das Gleichgewicht besteht. Sie ist zu unterscheiden von der gröberen Gleichgewichtserhaltung des Thieres, die von anderen Hirntheilen geleistet wird, wenn irgendwie eine gefährliche Störung des Gleichgewichts des Thieres eingetreten ist, und die durch ungewöhnliche willkürliche oder unwillkürliche Bewegungen dem Fallen entgegenwirkt und das Gleichgewicht wiederherstellt oder wiederherzustellen sucht. Nach Kleinhirnverlust fällt diesen anderen Hirntheilen die functionelle Ersatzleistung zu, und sie erhalten auch beim Liegen, Sitzen, Stehen, Gehen, Klettern, Schwimmen u. s. w. des Thieres das Gleichgewicht, doch nur mit grösserem Kraftaufwande, als es seitens des Kleinhirns geschah, und ungeschickter und unvollkommener mit Veränderung der normalen Haltungen und Bewegungen des Thieres.

Ferner noch leistet das Kleinhirn mit seiner Thätigkeit das kurze Seitwärtswenden und Drehen des Thieres, und zwar sind von jeder seitlichen Kleinhirnhälfte Wenden und Drehen nach der entgegengesetzten Seite abhängig. Hier kommt es nach Kleinhirnverlust zu einer Ersatzleistung durch andere Hirntheile nicht. Aber diese Leistung des Kleinhirns, deren Fortfall nach den Exstirpationen, die wir untersuchten, der Störung der Gleichgewichtserhaltung gegenüber in den Hintergrund trat, bedarf jetzt noch der näheren Betrachtung.

Während in grossem Bogen das Thier, Hund wie Affe, nach der totalen und nach der halbseitigen Exstirpation im Gehen, Klettern, Schwimmen beliebig die Richtung ändert, kann es in kleinem Bogen nach der halbseitigen Exstirpation nicht nach der unverletzten Seite und nach der Totalexstirpation nach keiner Seite hin sich drehen. Nicht nur kommen solche kurzen Wendungen und Drehungen niemals bei den Bewegungen des sich selbst überlassenen Thieres zur Beobachtung, sondern sie sind auch nicht durch passende Anregungen des Thieres herbeizuführen; und will man sie erzwingen, indem man dem Thiere die sonstigen Wege verlegt, so fällt das Thier im Gehen zu Boden, stürzt der Affe im Klettern, wenn er sich nicht rückwärts bewegt, ab, schlägt der Hund im Schwimmen um und taucht mit dem Kopfe unter. Hin und wieder scheint der kleinhirnlose Hund, wenn er lange nach der Operation sich munter auf dem Rasen bewegt, sich in kleinem Bogen drehen zu wollen, aber jedesmal stolpert er alsdann und stürzt er hin; auch kommt es vor, dass der Hund in einem schmalen Gange auf seinem Wege kurz umzukehren strebt, aber er fällt sogleich, und hat er sich aufgerichtet, fällt er nochmals, und so wiederholt es sich, bis er durch die Verschiebungen beim Fallen und am Boden schliesslich ohngefähr in die entgegengesetzte Richtung gelangt und nunmehr wieder geht. Sogar schon ganz grob

macht sich die Störung beim kleinhirnlosen Thiere bemerklich durch das Ungelenkige, Steife, Hölzerne, das an dem Thiere auffällt, sobald man es längere Zeit in seinen Bewegungen verfolgt. Wie man da den Eindruck der Schwerbeweglichkeit der Wirbelsäule empfängt, so lehrt es auch die unmittelbare Beobachtung, wenn man das Thier durch Lockung zu Drehungen im Gehen veranlasst und im Falle der halbseitigen Exstirpation die beiden Seiten des Thieres in Vergleich zieht[1], dass das Thier die Wirbelsäule viel weniger seitwärts biegen kann als in der Norm.

Doch mit dieser Erkenntniss, bei der wir früher stehen blieben, ist das Wesen der Störung noch nicht erfasst. Denn wenn der kleinhirnlose Hund am Boden liegt, sehen wir ihn öfters, sogar schon zu der Zeit, da er noch nicht sich aufzustellen und zu gehen vermag, willkürlich die Wirbelsäule hakenförmig zur Seite biegen und drehen, so dass die Schnauze den Oberschenkel erreicht; und ebenso sehen wir gelegentlich die Bewegungen der Wirbelsäule nicht merklich anders als in der Norm erfolgen, wenn der Hund angelehnt steht und wenn der kleinhirnlose Affe sitzt oder an den Gitterstäben des Käfigs hängt. So krümmt sich auch der liegende kleinhirnlose Hund oder der sitzende kleinhirnlose Affe, ohne die Extremitäten zu bewegen, hakenförmig zur Seite nach hinten, wenn wir dort neben ihm den Futternapf aufgestellt haben, und holt mit dem Maule das Fleisch oder mit dem Arme die Mohrrüben aus dem Napfe. Aber haben wir den Napf in gleicher Höhe zur Seite angebracht, nur etwas weiter entfernt, so dass das Thier ihn nicht durch jenes Krümmen erreichen kann, so dreht sich unser Thier, so gierig es auch sichtlich ist, nicht im ganzen kurz zur Seite um wie das normale Thier, sondern stellt sich auf und geht ein Stück nach vorn und dann in grossem Bogen zur Seite und endlich rückwärts, so dass es fast einen ganzen grossen Kreis beschreibt, bis es zum Napfe gelangt. An sich oder für sich allein sind also die Bewegungen der Wirbelsäule bei unserem Thiere nicht beschränkt, so wenig wie die Bewegungen der Extremitäten an sich, — diese Bewegungen kann das Hirn ohne Kleinhirn vollführen —; sondern was unserem Thiere abgeht, das sind die zweckmässig verbundenen Wirbelsäule- und Extremitäten-Bewegungen, die coordinirten (geordneten) Gemeinschafts- oder combinirten Bewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten, wie sie für das kurze Seitwärtswenden und Drehen des Thieres erforderlich sind. Die Herbeiführung dieser Gemeinschaftsbewegungen macht demnach die Leistung des Kleinhirns aus. Und das wird uns sogar durch die elektrische Rei-

---

[1] S. oben S. 299.

zung am Kleinhirn (des Hundes) noch geradezu vor die Augen geführt. Denn die einseitige, sagen wir linksseitige Reizung hat nicht bloss Bewegungen der linken Extremitäten und Concavkrümmung der Wirbelsäule nach rechts zur Folge[1], sondern liefert, wie ich sah, hat man die passende Reizstärke getroffen, in rascher Folge genau die Bewegungen, die das kurze Drehen des Thieres nach rechts zustande bringen: zuerst wird das linke Vorderbein nach vorn und weit nach rechts gestreckt, dann krümmt sich die Wirbelsäule allmählich immer stärker concav nach rechts, und dabei wird das rechte Vorderbein gleichfalls nach rechts, aber weniger als das linke, vorbewegt und das rechte Hinterbein etwas nach vorn gesetzt, und endlich wird das linke Hinterbein mässig nach vorn und rechts gebracht.

Konnten zuerst die beiderlei Leistungen des Kleinhirns weit aus einander zu liegen scheinen, so kommen sie nunmehr dahin zusammen, dass wir unseren Ermittelungen den Ausdruck geben können: Das Kleinhirn ist das Organ, in dem Mark- und Muskelcentren der Wirbelsäule einerseits und der Extremitäten andererseits derart mit einander in Verbindung gesetzt sind, dass durch seine Thätigkeit unwillkürlich und unbewusst zweckmässige (coordinirte) Gemeinschaftsbewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten zustande kommen, insbesondere die Gleichgewichtserhaltung bei den gewöhnlichen Haltungen und Bewegungen des Thieres, beim Liegen, Sitzen, Stehen, Gehen, Klettern, Schwimmen u. s. w.; oder kurz: Das Kleinhirn ist das Centralorgan für unbewusste coordinirte Gemeinschaftsbewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten im allgemeinen und für die feinere Gleichgewichtserhaltung des Thieres im besonderen. Ich habe keine Erfahrung gefunden, die damit im Widerspruch stände; sogar das Rollen im Kreise, das nach der halbseitigen Exstirpation in den ersten Tagen beim Hunde auftritt, lässt sich ihm unterordnen.

Die feinere Gleichgewichtserhaltung ist besonders hervorzuheben, weil sie die hauptsächliche und für die Existenz des Thieres wichtigste Leistung des Kleinhirns ist; aus dem Grunde wird sie auch nach Kleinhirnverlust so bald und so gut als möglich functionell ersetzt, während für die nicht so nothwendigen Leistungen, wie das kurze Wenden und Drehen, eine Ersatzleistung, die zum mindesten in Unvollkommenheit gleichfalls seitens des Hirns ohne Kleinhirn geliefert werden könnte, nicht eintritt. Zugleich wird dadurch Missverständnissen vorgebeugt. So wenig das Kleinhirn das Gleichgewichtsorgan ist, so wenig ist es ein Coordinationsorgan über die Grenzen seiner specifischen Aufgaben hinaus. Nicht einmal coordinirt

---

[1] S. oben S. 300.

es, wie Flourens glaubte, die Locomotionsbewegungen. Die coordinirten Geh-, Kletter-, Schwimm- und dergl. Bewegungen der Extremitäten, das erste Erforderniss zum Gehen, Klettern, Schwimmen u. s. w. des Thieres, haben nichts mit dem Kleinhirn zu thun, sondern werden vom Hirnstamm herbeigeführt, von Principalcentren[1], die den Markcentren der einzelnen Extremitäten übergeordnet und wahrscheinlich im Pons gelegen sind; und lediglich das zweite Erforderniss, die feinere Gleichgewichtserhaltung, leistet das Kleinhirn mittels coordinirter Bewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten. Durch die engen nervösen Verbindungen, die zwischen Pons und Kleinhirn bestehen, ist deren richtiges Zusammenwirken gesichert. Für seine specifischen Leistungen hat das Kleinhirn eigene Verbindungen mit den Mark- und Muskelcentren von Wirbelsäule und Extremitäten in den Nervenfasern, die nach der Kleinhirnexstirpation in den Randpartien der Vorder- und Vorderseitenstränge des Rückenmarks degeneriert gefunden werden.

Wie die Principalcentren, kann das Kleinhirn unabhängig vom Grosshirn thätig sein. An den kleinen Säugethieren (Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte)[2] und — nach Goltz' Schilderung seiner Versuchsthiere[3] — am Hunde vollzieht sich die feinere Gleichgewichtserhaltung beim Liegen, Stehen, Gehen, Laufen noch nach dem völligen Verluste des Grosshirns; und die Erfolge der experimentellen Reizungen des Kleinhirns lassen übersehen, dass auch sonst Leistungen des Kleinhirns ohne Zuthun des Grosshirns zustande kommen können infolge von mechanischen, entzündlichen u. dergl. unmittelbaren Angriffen des Kleinhirns, wie unter Umständen wohl auch infolge von peripherischen Reizungen oder Reizungen eng mit dem Kleinhirn verbundener centraler Organe. Aber in der Norm ist das Kleinhirn dem Grosshirn unterthan, wird vom Grosshirn, wie die Folgen unserer Kleinhirnexstirpationen lehren, das Kleinhirn als eigens vorgebildeter Bewegungsapparat, soweit dessen Leistungen reichen, für die Herbeiführung und Unterhaltung von willkürlichen Haltungen und Bewegungen des Thieres benutzt, werden vom Grosshirn zweckmässige Gemeinschaftsbewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten mittels des Kleinhirns zur Ausführung gebracht. Und wenn so das Grosshirn die Leistungen des Kleinhirns in Anspruch nimmt, geschieht es, wie wenn das Grosshirn mittels der Principalcentren des Hirnstammes die Geh-, Lauf- und Kletterbewegungen der Extremitäten herbeiführt,

---

[1] Diese Ber. 1893. 774ff.

[2] Vergl. H. Munk, Über die Functionen der Grosshirnrinde, 2. Aufl. Berlin 1890. 219ff.

[3] Pflüger's Arch. 51. 1892. 570ff.

dass es die Leistungen des ihm untergeordneten Organes mit eigenen weiteren Leistungen unterstützt.

Jene Geh-, Lauf- und Kletterbewegungen erfahren seitens der Extremitätenregionen der Grosshirnrinde eine Vervollkommnung oder Verfeinerung, indem die Bewegungen der Extremitäten und besonders die — den Principalcentren ebensowenig wie dem Kleinhirn unmittelbar unterstehenden — Bewegungen ihrer unteren Glieder den gegebenen äusseren Verhältnissen, wie Form, Härte, Glätte des Bodens oder der Stange u. s. w., auf reflectorischem Wege angepasst werden.[1] Solche Rindenreflexe kommen auch den Leistungen des Kleinhirns zu Hülfe, vor allem seiner feineren Gleichgewichtserhaltung beim Gehen und Stehen, die ja durch ein schlechtes Aufsetzen und Aufstehen der Füsse des Thieres erschwert sein würde und unwirksam werden könnte. Von den vielen Belegen, welche dafür die Folgen der Schädigung der Extremitätenregionen liefern, sei nur des interessantesten und bündigsten gedacht, dass der Hund, dem die Extremitätenregionen beider Grosshirnhemisphären vollkommen exstirpirt sind, und der längst wieder gut läuft, wenn er unter anscheinend normaler Haltung aller seiner Körpertheile steht, trotz der Unversehrtheit des Kleinhirns das Schwanken des kleinhirnlosen Hundes zeigt, weil die Füsse nur lose und leicht verschiebbar auf dem Boden sind[2]. Durch diese Hülfleistung der Reflexe der Extremitätenregionen gewinnen am normalen Thiere die Hautsensibilität und diejenige Tiefensensibilität der Extremitäten, deren Bahnen zum Grosshirn nicht den Weg über das Kleinhirn nehmen, obwohl sie unmittelbar nichts mit dem Kleinhirn zu schaffen haben, mitunter doch Bedeutung für dessen Leistungen.

[1] Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878. 174. — Diese Ber. 1893. 776—7; 1895. 598.
[2] Diese Ber. 1895. 597.

Ausgegeben am 19. März.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
XV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

19. März. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Diels.

1. Hr. von Wilamowitz-Moellendorff las über Pindar's siebentes nemeisches Gedicht.

Das Gedicht, wahrscheinlich 485 verfasst, will neben der Feier des Sieges den Dichter rechtfertigen, der mit seiner Behandlung des Neoptolemos in einem delphischen Päan Anstoss erregt hatte. Dieser Päan ist auf dem Papyrus Oxyrynch. 841 zum grossen Theile erhalten und bestätigt die Erklärung des Siegesliedes.

2. Hr. F. W. K. Müller legte eine Arbeit des Hrn. A. von Le Coq aus Berlin vor, betitelt »Ein manichäisch-uigurisches Fragment aus Idiqut-Schahri«. (Ersch. später.)

Der Werth dieses Manuscripts besteht darin, dass zum ersten Male ein manichäisch-religiöses Textfragment in uigurischer Sprache und Schrift vorliegt. — Anhangsweise ist eine Liste alttürkischer Wörter beigefügt, deren Consonantengerippe durch die manichäische Schrift einwandsfrei überliefert ist. Es wird hierdurch für künftige Publicationen eine gesicherte Umschreibung ermöglicht.

3. Hr. von Wilamowitz-Moellendorff legte die Publication des correspondirenden Mitgliedes Hrn. Kabbadias in Athen vor: Die Ausgrabung der Akropolis. Mit G. Kawerau. Athen 1907. (Βιβλιοθήκη τῆς ἐν Ἀθήναις Ἀρχαιολογικῆς Ἑταιρείας).

Pindars siebentes nemeisches Gedicht.

Von Ulrich von Wilamowitz-Moellendorff.

Das Gedicht auf Sogenes von Aigina gilt nicht mit Unrecht für besonders schwierig, und der Verkehr mit seinen modernen Kommentaren, von Hermann (Opusc. III) und Boeckh-Dissen ab (jetzt zu kontrollieren durch ihren Briefwechsel), erweckt die Stimmung, in der ich vor einigen Jahren mir an den Rand schrieb: *nihil perspicio nisi nihil admodum esse perspectum.* Daher geht die folgende Erklärung nur von den Worten des Dichters aus, deren Einzelverständnis durch die Scholien wesentlich gefördert wird. Ich glaube meiner Sache sicher zu sein, denn die Entdeckung des Päans, auf den sich das Gedicht bezieht, hat meine Erklärung in keinem Stücke geändert, nur ihre Veröffentlichung hervorgerufen. Das Proömium schreibe ich aus; weiterhin muß der Leser schon einen Text zur Hand nehmen.

Ἐλείθυια πάρεδρε Μοιρᾶν βαθυφρόνων
παῖ μεγαλοσθενέος ἄκου-
σον Ἥρας γενέτειρα τέκνων· ἄνευ σέθεν
οὐ φάος οὐ μέλαιναν δρακέντες εὐφρόναν
τεὰν ἀδελφεὰν ἐλάχομεν ἀγλαόγυιον Ἥβαν.
ἀναπνέομεν δ' οὐχ ἅπαντες ἐπὶ ἴσα,
εἴργει δὲ πότμωι ζυγένθ' ἕτερον ἕτερα· σὺν δὲ τὶν
καὶ παῖς ὁ Θεαρίωνος ἀρεταῖ κριθεὶς
εὔδοξος ἀείδεται Σωγένης μετὰ πενταέθλοις.
πόλιν γὰρ φιλόμολπον οἰκεῖ δορικτύπων
Αἰακιδᾶν, μάλα δ' ἐθέλον-
τι σύμπειρον ἀγωνίαι θυμὸν ἀμφέπειν.
εἰ δὲ τύχηι τις ἔρδων, μελίφρον' αἰτίαν
ῥοαῖσι Μοισᾶν ἐνέβαλε. καὶ μεγάλαι γὰρ ἀλκαὶ[1]

---

[1] ἐνέβαλε haben die Scholien, ἔβαλε die beiden einzigen Handschriften; doch was durch die Recensio erledigt ist und sonst Selbstverständliches berücksichtige ich nicht. Dahinter ist ταί überliefert; aber der Artikel ließe keine andre Erklärung zu als die demonstrative »diese«, und selbst wenn man das als αἱ τοιαῦται faßt, bleibt es schief, während das intensive καί neben μεγάλαι beinahe erwartet wird.

σκότον πολὺν ὕμνων ἔχοντι δεόμεναι·
ἔργοις δὲ καλοῖς ἔνοπτρον ἴσαμεν ἐνὶ σὺν τρόπωι,
εἰ Μναμοσύνας ἕκατι λιπαράμπυκος
εὕρηται ἄποινα μόχθων κλυταῖς ἐπέων ἀοιδαῖς.

Hier können wir innehalten, obwohl der nächste Gedanke sich noch daran lehnt, und wollen nun paraphrasieren; das war der Weg der antiken Grammatik, den ich immer mehr schätzen lerne.

»Eileithyia, Beisitzerin der Moiren, Tochter Heras, die du die Kinder geboren werden läßt, höre. Durch dich treten wir in das Leben und erreichen deine Schwester Hebe; nur wird unser Leben verschieden, da ein jeder an sein besonderes Geschick gekettet ist. Mit deiner Hilfe hat auch Sogenes, Thearions Sohn, im Fünfkampfe gesiegt und wird nun durch ein Lied gefeiert. Denn er ist aus Aigina, und da ist man musikalisch und hat besonderes Gefallen an dem Wetturnen. Wer mit der Tat Erfolg hat, ruft die Poesie wach, ohne welche selbst das Heldentum im Dunkel bleibt. Denn bekanntlich findet nur im Liede die edle Tat ihren Spiegel.«

Ich hätte den Inhalt auch kurz formulieren können »Sogenes, noch ein Kind an Jahren, hat im Pentathlon gesiegt; daher bringen ihm seine Landsleute ein Ständchen, und ich habe das Gedicht dazu gemacht«. Denn das ist der einfache Gedanke, den Pindar mit seiner Kunst verziert hat. Das letzte, daß die Tat des Helden (und entsprechend wird nun einmal in dieser Gesellschaft ein Turnsieg gewertet) und das Werk des Dichters korrelat und gleichwertig sind, ist Pindar nie müde geworden einzuschärfen, seit er damit vor seinen Standesgenossen gerechtfertigt hatte, daß er nicht Athlet, sondern Dichter geworden war[1]. Die Beziehung der πόλις φιλόμολπος auf die Sänger des Liedes war ihnen und ihren Hörern unmittelbar verständlich; Pindar, der seinen Chor meist nur als Instrument behandelt, hebt bei seinen lieben Ägineten gern hervor, daß sie musikalisch genug waren, seine Lieder selbst vorzutragen. Oft hat er sie ihnen selbst einstudiert; hier deutet nichts auf seine Anwesenheit, und er wird vorgezogen haben, seine Sache abwesend zu führen. Eigentlich sollte auch der Eingang mit den vielen Götterpersonen einem Leser Pindars deutlich sein; aber schon im Altertum hat man sich nicht zu helfen gewußt, und immer noch wird darin gefunden, daß auf Aigina oder gar in Verbindung mit der Familie des Siegers ein Heiligtum der Eileithyia bestanden hätte. Ich hole daher weiter aus. Die Siegeslieder sind zum Teil in bestimmten Heiligtümern oder an bestimmten Festen vorgetragen; das wird dann natürlich gesagt und wirkt auf das ganze

[1] Dies ist das wichtigste in Pyth. 10, das ich noch einmal zu erläutern hoffe.

Gedicht ein. Oft haben sie aber keine sakrale Anlehnung, wurden also in oder vor dem Hause des Siegers vorgetragen, und gerade dann schickte es sich, sie durch die Anrufung einer himmlischen Person zu weihen, wenn das auch nur ornamental war. So versteht jeder, wenn Bakchylides die Kleio (3), Phema (2. 10), die Chariten (9), die Nike (11) anredet. Den Tag, nämlich den sechzehnten Parthenios, an dem in Olympia die Preisverteilung war, anzurufen (7), ist recht gesucht, zeigt aber um so deutlicher, daß der Poet darauf aus ist, etwas Neues zu finden. Auch bei Pindar geht der Weg von der Muse (N. 3) zu den ἀναξιφόρμιγγες ὕμνοι (Ol. 2) und der χρυσέα φόρμιγξ (P. 1). Daneben sehe man die Tyche (Ol. 12), die Euphrosyne (N. 4)[1], die Hesychia (P. 8), um den Reichtum und die Frische der Pindarischen Erfindsamkeit zu schätzen. Wundervoll ist die Theia (I. 5) aus einer Hesiodischen Füllfigur zu dem alles, sinnlich und metaphysisch, verklärenden Himmelslichte entwickelt; aber das läßt sich nicht im Vorbeigehen erklären. Die Hora (N. 8) läßt sich nicht von Gesuchtheit freisprechen, so schön gerade ihre Anrufung ist, wenigstens kann eine besondere Bedeutsamkeit nur geraten werden[2]. Die Olympia (Ol. 8) ist durch andere Lokalnamen besonders deutlich als die Ortsnymphe am Alpheios gekennzeichnet, und doch wird das Gedicht in Aigina gesungen; es gilt einem nemeischen Siege mit, und Pindar deutet den Umstand, daß zwei Leute desselben Hauses an diesen Zeusfesten gesiegt haben, auf eine besondere Beziehung der Familie zu dem höchsten Gotte. Man darf also nicht fingieren, es wäre auch in Aigina ein Heiligtum des olympischen Zeus gewesen, denn dessen Ortsnymphe würde doch die

---

[1] Wenn man auf große Anfangsbuchstaben Wert legt (daß sie in Wahrheit irreführen, lehrt diese Ausführung), muß man schreiben ἄριστος Εὐφροσύνα πόνων κεκριμένων ἰατρός, αἱ δὲ σοφαὶ Μοισᾶν θύγατρες Ἀοιδαὶ θέλξαν νιν ἁπτόμεναι. Denn die Festlust ist der Arzt, und die Musentöchter sind seine Assistentinnen und massieren die verstauchten Gelenke des siegreichen Ringers.

[2] Das Gedicht stammt aus Pindars reifster Zeit und hat mit dem auf Sogenes gemein, daß Pindar eine Selbstverteidigung einflicht, die ihm besonders am Herzen liegt. Er hat die Lust an dem Neuen, an freien Erfindungen, verloren und Aias ist ihm ein Beleg für die Mißgunst, unter welcher die Tüchtigsten zu leiden haben. Nicht mehr auf seine Dichterkraft, die freilich längst über jeder Kritik stand, sondern auf seine Redlichkeit legt er das Hauptgewicht; in der Hinsicht wird er sich also angegriffen fühlen. In dieser Stimmung war ihm nicht unlieb, daß der Tod des einen der beiden Sieger, für die er dichtete, das Siegeslied zum Trostlied machte. Um so stärker kontrastiert der Eingang, die Anrufung der Hora, der Jugendschönheit, die den Menschen zur Liebe zwingt, wo dann das beste Los ist, in den Schranken des Maßes zu bleiben und doch seine »gute Lust«, aber nur diese, befriedigen zu können. Recht gewaltsam geht es von da zu dem Beilager des Zeus und der Aigina (das ähnlich wie in dem neuen delphischen Paian behandelt wird) und zu ihrem Sohne Aiakos. Leicht kommt man auf den Gedanken, daß der Sieger Deinis mit seiner Hora den Sinn Pindars entzündet hatte, ἀπροσίκτων δ' ἐρώτων ὀξύτεραι μανίαι.

Olympia vom Alpheios nicht sein: »empfange diesen Festzug, Olympia«, ist nichts anderes als »diese Feier gilt dem im Bereiche der Olympia gewonnenen Siege«. So ist denn auch Eileithyia nur angerufen, weil der Sieger noch ein Kind ist, noch nicht zu der Hebe oder Hora gelangt, also auch noch nicht für die erotischen Huldigungen reif, die Pindar gern den Siegern darbringt, wenn sie ἔφηβοι und ὡραῖοι sind wie Asopichos (Ol. 14), Thrasybulos (P. 6), Epharmostos (O. 11). Wenn man es nur mit dem Verstande auffaßt, so ist Eileithyia Tochter Heras, weil Kinder nach der Hochzeit kommen, Schwester Hebes, weil sie der Mannbarkeit zureifen, ganz wie Tyche für Himera Tochter des Befreiers Zeus ist, weil οἱ Ἱμεραῖοι σὺν θεῶι ἐλευθερωθέντες εὐτυχοῦσι. Die Modernen pflegen von Personifikation zu reden, und es macht allerdings wenig Unterschied, ob einzelne dieser Abstrakta, wie sie es nennen, einmal im Kultus als Personen verehrt sind, wie Hora Eros Nike, auch Euphrosyne, wenn man so will, als eine der Chariten: für Pindar gilt doch alles gleich. Daß die Eileithyia in unseren mythologischen Handbüchern als eine Göttin geführt wird, Hesychia nicht, macht ihm keinen Unterschied. Ihm war Eileithyia nur ein Name, aus Hesiod und Homer bekannt, daher vornehmer, als wenn er eine Kurotrophos oder Genetyllis genannt hätte. Es steht doch außer Frage, daß der Name sogar vorgriechisch war[1], daher ist der Kult dieser Karerin auf Kreta und den Inseln verbreitet, hat ihn das ionische Epos gekannt, Hesiod aber schon nur aus diesem genommen. In Böotien sucht man den Kult vergebens, und auch die Frauen der Ägineten werden in ihren Wehen und zum Schutze ihrer Kleinen andere Namen genannt haben. Aber unter dem epischen Namen birgt sich eine Empfindung, die ihm nur minder kongruent ist, als wenn die unmittelbar verständlichen, wie Euphrosyne und Hesychia, angerufen werden. Personen sind auch diese: man kann sie doch leibhaft sehen, wenn man angebliche Abstrakta auf den Vasen als Weiber in der Umgebung des Dionysos findet (wo man nicht von Mänaden reden sollte), oder in anderer Verbindung auf den späteren Vasen mit Goldschmuck. Die angeblichen Personifikationen, z. B. von Rat und Volk usw. auf den Reliefs attischer Psephismen, sind gleicher Art. Und hat etwa Hesiodos die Fähigkeit gehabt, Abstrakta zu personifizieren, wenn er Dutzende solcher Personen einführt? Die Modernen verderben sich mit ihrer blassen Abstraktion, ihrem Wirtschaften mit Begriffen · ganz und gar das Verständnis der wirklichen Religion, die etwas besseres ist als Theologie oder Mythologie. Wo der Verstand

[1] Rutgers van den Loeff, *De ludis Eleusiniis*, Leyden 1903, hat das treffend bewiesen. Als κουροτρόφος kann man sie z. B. aus ihrem parischen Heiligtume gut kennen lernen, IG. XII 5, 183—209.

etwas Abstraktes später einmal finden wird, ist für das Gefühl eine wirkende, lebendige Kraft gegeben, deren Macht der Mensch in sich oder an anderen wahrnimmt. Damit ist ihm ein Wesen gegeben, das er benennen und anreden kann, nötigenfalls auch in menschlicher Bildung wahrnehmen und darstellen. Für die Griechen war nun einmal jedes Wirkende und Lebende eine Person, eigentlich sogar schon für die Sprache, die daraus Mann und Weib gemacht hatte. Diese Beseelung, die schließlich auch zu der Ausstattung mit einem Menschenleibe führt, ist freilich etwas Schöpferisches, Poetisches; daher vermitteln uns die Poeten die wahre Religion, nicht die Theologen oder gar die alten Weiber, die sympathetische Kuren machen. Die Hesychia, die Pindar mit besonderer Innigkeit anredet, ist ihm gewiß nicht in wesentlich anderem Sinne ein Gott gewesen, als Goethen die Phantasie oder die Hoffnung oder die Wahrheit, aber lebendige Mächte sind diese auch für Goethe gewesen, und wem sie das nicht sind, der soll seine Finger nicht bloß von den Poeten, sondern auch von den Göttern lassen.

Ein Satz in dem Proömium weist aus dem Zusammenhange hinaus, also auf etwas, das wir in dem Spätern suchen müssen, »unser Leben ist gemäß unserm persönlichen Potmos verschieden«. Das wird aufgenommen, wo Pindar in seiner Art geradezu sagt, daß er den bisher verfolgten Faden fallen läßt und einen neuen aufnimmt, V. 54 φυᾶι δ' ἕκαστος διαφέρομεν βιοτάν, λαχόντες ὃ μὲν τὰ τὰ δ' ἄλλοι. Hier macht die φυά den Unterschied, dort der Potmos[1]. Man sieht, wie sich das berührt. Unsre Lebensführung bestimmt sich danach, was uns angeboren ist oder auch was uns mit dem Leben »zugefallen« ist: in beidem liegt, wozu wir geboren sind. Das ist kein Determinismus, der den freien Willen aufhöbe; es können auch viele ἀνάγκαι unsre φυά bemeistern; aber freilich wird das dann παρὰ μοῖραν sein, und wer aus seiner Bahn geworfen wird, wird auch ἄποτμος werden. Man sieht,

[1] Den führen unsere Mythologien nicht, und die Editoren gönnen ihm nur zum Teil einen großen Anfangsbuchstaben, wenn er Ἄναξ heißt (N. 4, 92). Und doch »schreibt er uns das Ziel vor, zu dem wir ahnungslos streben« (N. 6, 7). Der συγγενὴς πότμος entscheidet über alle Taten (N. 5, 40) und führt ein Geschlecht, das Schiffbruch gelitten hatte, zum alten Wohlstand zurück (Isthm. 1, 39). Den Hieron begleitet immer eine μοῖρα εὐδαιμονίας (er hat immer ein Stück von Seligkeit; man kann auch eine Moira neben ihm stehend, oder auch ihn krönend denken), weil der große Potmos für den König vor allen Menschen ein Auge hat (P. 3, 85). An dem Gedeihen des Fürsten hat das Geschick der Welt ein Interesse. Diese Wertung des Potmos scheint allerdings speziell pindarisch. Die Niobe des Aischylos sagt (Fm. 159) »mein Potmos, der an den Himmel reichte, stürzt zu Boden und lehrt mich, Irdisches nicht zu hoch zu schätzen.« Das ist wirklich nur Metapher. Euripides sagt oft τίνι πότμωι, wo es fast dasselbe wie τρόπωι ist, Fall und Wendung. Man überlege sich, wie häufig δαίμων für πότμος eintreten könnte, was meines Erachtens zu δαίω gehört (ὥς πνεύμων, στήμων).

wie die Sprache noch lebendig ist: Pindar und seine Leute hören in πότμος das πίπτειν, in λάχεσις das λαγχάνειν, in μοῖρα das μέρος. Was in dem ῥῆμα steckt, wird im ὄνομα als Person zusammengefaßt. Wem die Sprache lebendig ist, der versteht das Gefühl, und dann auch seine Exponenten, die Götter. Aus dem Gefühl aber sind auch die einmal geboren, deren Persönlichkeit uns und dem Volke, das wir hören und sehen, bereits als ein geschlossenes Individuum gegeben war. Deren σιγῶντα ὀνόματα werden freilich niemandem, am wenigsten den Exorzismen der Etymologie (selbst der richtigen) ihr Wesen offenbaren.

Nachdem Pindar sein Thema angegeben und die bekannte Tatsache konstatiert hat, daß die Tat des Kämpfers nur reflektiert von den Worten des Dichters dauert, fährt er fort:

σοφοὶ δε μέλλοντα τριταῖον ἄνεμον
ἔμαθον οὐδ' ὑπὸ κέρδει βλάβεν.
ἀφνεὸς πενιχρός τε θανάτου παρὰ[1]
σᾶμα νέονται.

»Die Heldentat spiegelt sich nur in dem Liede, und die σοφοὶ wissen den kommenden Wind zwei Tage vorher und lassen sich nicht durch Aussicht auf Gewinn verführen. Sterben muß arm und reich. Ich glaube, man erzählt von Odysseus mehr, als er wirklich durchgemacht hat[2]; das liegt an Homer, dessen trügliche Kunst ihn geadelt hat. Die σοφία weiß ja zu täuschen, und die Menge ist blind[3]. Sonst, wenn sie fähig wäre, die Wahrheit zu durchschauen, hätte sich Aias nicht das Leben nehmen müssen. Aber die Todeswoge kommt über jeden, hoch und niedrig[4].« Der letzte Satz ist mit ἀλλὰ γάρ angeschlossen

---

[1] Einen bessern Ausdruck, als daß sie 'zum Ziele des Todes gelangen', kann man nicht denken. Die Kontraktion von νεῦνται, die wir durch den Akzent bequem bezeichnen können, liefert untadelhaftes Versmaß; daß die anlautende Länge sonst als Doppelkürze erscheint, tut gar nichts. παρά am Versende steht genau so O. 9, 17, wo die Anastrophe der Modernen nur ein Scheinmanöver ist. Wer darf sich denn getrauen, für den Böoter zu bestimmen, inwieweit die Präposition einer eigenen Betonung fähig war. Wieselers θανάτου πέρας ἅμα ist gewiß sinnreich, und obwohl ἅμα eigentlich *simul* ist, nicht *pariter*, mag man es angesichts von Stellen wie Ol. 8, 45 ertragen; aber die Notwendigkeit der Änderung leuchtet nicht ein.

[2] πλέονα λόγον ἢ πάθαν ist nominal dasselbe ἢ ὅσα ἔπαθεν, wie O. 12, 8 πρᾶξις ἐσσομένα, ὅπως πράξουσιν. Die Sprache ist noch schmiegsam und verstattet verbalen und nominalen Ausdruck, wo später eins von beiden gilt.

[3] Mit δέ reiht Pindar nur zu oft Gedanken aneinander, deren logisches Verhältnis durch diese Partikel gar nicht bezeichnet wird. Das ist ungelenk, und der Leser muß die richtige Beziehung aus sich hinzutun.

[4] πέσε δ' ἀδόκητον ἐν καὶ δοκέοντα kann, da das Subjekt κῦμα ist, sowohl bedeuten καὶ τῶι προσδοκῶντι ἐνέπεσεν ἀπροσδόκητον, was hier gar nicht paßt, als auch καὶ τῶι προσδοκῶντι καὶ τῶι μή, denn das Adjektivum verbale kann sehr wohl aktive Kraft haben, oder aber καὶ τῶι εὐδόξωι καὶ μή, und dies ist wegen der Parallele ἀφνεὸς πενιχρός τε vorzuziehen, was man auch meist tut. Ob man das Adverb des Ortes ἐν

und bringt genau denselben Gedanken wie oben »sterben muß arm und reich«; der Begriff der Gesamtheit ist nur durch eine andere komplementäre Halbierung gegeben, die hier in δοκέων ἀδόκητος an das trügerische Urteil der Menge gemahnt. Folglich heißt das »brechen wir ab und kehren wir zu dem angefangenen Gedanken zurück«. Der Satz »sterben müssen alle« ist von der Digression zu sondern und findet seinen Fortgang in dem, was auf seine zweite Anführung folgt. An der ersten Stelle trennt ihn von dem Vorhergehenden das Asyndeton: es führt in den Sumpf, wenn man da eine Verbindung sucht. Denn was soll der Gedanke »wenn auch der weise Schiffer den kommenden Wind voraussieht und sich nicht durch das augenblickliche schöne Wetter verführen läßt, eine gewinnverheißende Fahrt zu unternehmen, so müssen doch alle einmal sterben«. Vielmehr geht der Gedanke des Eingangs darin weiter, daß die Heldentaten sich in dem Liede spiegeln und die σοφοὶ ohne Rücksicht auf κέρδος den kommenden Wind vorher wissen. Die σοφοί sind freilich zunächst die Wetterkundigen (keineswegs bloß Schiffer, auch der Bauer braucht die Wetterprognose, und der Schäfer Thomas versteht sie), aber wer bei Pindar σοφός hört, der denkt sofort an die Dichter, von denen eben die Rede war, und hört unter dem Bilde, daß der Dichter unbeirrt durch den Vorteil, den ihm die Rücksicht auf die Stimmung des Momentes bieten könnte, weiß, wie man später der Wahrheit die Ehre geben wird. Dieser Gedanke, unausgesprochen freilich, führt zu dem allgemeinen Satze von dem Tode, der alle erwartet, und von selbst ergänzen wir den notwendigen Fortgang »aber den Nachruhm gibt nur der Dichter«. Dazwischen drängt sich ein Exempel, das zwar die Macht der σοφία ebenso beweist, die auch wieder genannt wird, aber freilich so, daß der Dichter selbst mehr als verdienten Ruhm zu verleihen vermag. Das muß eine neue Begründung erhalten und findet sie in der Urteilslosigkeit des Publikums. Nur dafür ist der Äginete[1] Aias, den in der kleinen Ilias ein ungerechter Richterspruch der Achäer in den Tod trieb, ein Beispiel. An den in attischem Sinne σοφός Odysseus und die Redekünste, die er in den späteren ἀγῶνες λόγων bewies, darf man nicht denken. Man mag es tadeln oder loben, daß Pindar die Ausführung über die trügliche Dichtkunst Homers zwischengeworfen hat, nachdem er bereits einen neuen Gedanken begonnen hatte, so daß er nachher den

zum Verbum oder zum Nomen näher bezieht, verschlägt nichts; seine Akzentuation ist ganz ins Belieben gestellt: die βαρεῖα bezeichnet ja doch nur Tiefton im Satze, genau dasselbe wie kein Akzent.

[1] 27 spielt auf Alkaios oder ein aus diesem abgeleitetes Skolion an, dessen schlichte Worte unverhältnismäßig aufgeputzt sind. Ich habe das früher ausgeführt, Arist. u. Athen 2, 320.

Anfang wiederholen muß: daß er es getan hat, ist unbestreitbar; dem hat also die Interpretation zu folgen. Wenn ihm bei der Behauptung von der Unbestechlichkeit des wahren Dichters einfiel, daß ein Dichter freilich auch das Urteil der Nachwelt zu trüben vermöchte, und er das nachtrug, so kam ihm besonders darauf etwas an, die Urteilslosigkeit des Publikums zu konstatieren, denn um so wichtiger war es, daß ein ehrlicher Dichter sich eines toten Helden annahm. Das wird, wenn auch unausgesprochen, in dem folgenden wichtig werden. Die Stimmung also ist einheitlich und erzeugt die Wendungen des Gedankenganges. Gewiß ist der Ausdruck ungelenk; aber wenn man nur die Worte ganz scharf interpretiert und daneben die Stimmung von innen heraus erfaßt, so kann gar kein Zweifel bleiben[1].

»Sterben müssen alle, τιμὰ δὲ γίγνεται
ὧν θεὸς ἁβρὸν αὔξῃ[2] λόγον τεθνακότων
βοαθόων· τοὶ παρὰ μέγαν ὀμφαλὸν εὐρυκόλπου
μόλον χθονός, ἐν Πυθίοισι δὲ δαπέδοις
κεῖται Πριάμου πόλιν Νεοπτόλεμος ἐπεὶ πράθεν.

Darin ist παρά aus den Scholien eingesetzt; die Handschriften geben τοιγάρ, was Pindar nicht hat, auch nichts ähnliches; es widerstreitet auch dem sonst innegehaltenen Maße. Ferner gab es schon im Altertum sowohl μόλον wie μόλεν. Es ist also eine anerkannt unsichere Stelle. Uns hilft die Einsicht in den Zusammenhang. Der Gedanke, daß alle sterben müssen, erfordert das Komplement, »und Ehre findet nur, wem nach dem Tode Gott eine süße Rede gedeihen läßt, die imstande ist, das Urteil der blöden Menge richtigzustellen«. Mit andern Worten, τεθνακότων gehört unbedingt zu ὧν. Der neue Satz beginnt mit τοί: was dazwischen steht, kann also nur βοαθέων oder βοαθόον sein, was beides auch schon vermutet ist; keins von beiden ist im Grunde eine Änderung. Vorzuziehen ist natürlich das zweite, denn zu Hilfe kommt eben der ἁβρὸς λόγος, und G. Hermann, der so geschrieben hat, hat auch schon an die ἐπίκουρος λόγων ὁδός Ol. 1, 110 erinnert. In dem neuen Satze muß der Übergang zu Neoptolemos

[1] Ich darf hier noch nicht in Rechnung setzen, was später herauskommt, daß ihm vorgeworfen war, er wendete seine σοφία dazu an, den Ruhm eines toten Helden zu verkleinern, der Gedanke ihm also nahelag. Wer darum wußte, wie das Publikum, für das er zunächst dichtete, der verstand es leicht, »nur der Dichter vermag dem Helden den Nachruhm zu bewahren, und der Dichter ist nicht so blind wie die Mitwelt. Das heißt, er kann gewiß auch zu viel sagen, aber ich bin für Neoptolemos vielmehr als βοηθός aufgetreten«.

[2] Den Konjunktiv geben die Scholien wieder; daß die Handschriften αὔξει haben, ist ganz gleichgültig; für ihre Schreiber und die Schreiber ihrer Vorlagen, ja schon für die alexandrinischen Schreiber, klang beides gleich, die letzteren schrieben es auch gleich, und Pindar, der es verschieden sprach, hatte es doch gleich geschrieben.

gemacht sein. Das versucht die unzulässige Änderung τοιγάρ; das Relativ τοί ist überhaupt nicht möglich, seitdem es nicht mehr auf unvorstellbare βοαθόοι bezogen werden kann: die beiden Fehler bedingen einander. Nach Delphi ist Neoptolemos freilich gekommen, und so könnte er Subjekt sein, falls man μόλεν schriebe: aber gerade weil sich der Singular konstruieren läßt, ist er verdächtig. Denn daß Delphi mit verschiedener Umschreibung zweimal bezeichnet wird, spricht entschieden dafür, daß die beiden Verba auch zwei verschiedene Subjekte hatten; auch die Stellung von Νεοπτόλεμος spricht dagegen, daß er schon μόλεν regiert hätte. Kurz und gut, es ist wieder eigentlich nur eine andere Deutung der Überlieferung vorzunehmen und τοί in τῶι zu ändern[1], dann ist alles vorzüglich. Denn dann wird μόλον erste Person; der Anschluß ist genau wie Isthm. 8, 6 τῶι καὶ ἐγὼ αἰτέομαι. »Darum (nämlich als Träger des λόγος βοηθός) bin ich nach Delphi gegangen, wo Neoptolemos begraben liegt.« Ein besserer Übergang zu der Geschichte von Neoptolemos ist gar nicht denkbar. Diese Geschichte wird dann so erzählt, daß sie ihm wirklich die Ehre wahrt oder herstellt. Sie gipfelt darin, daß er durch einen unglücklichen Zufall sterben mußte, weil ein Aiakide im Heiligtume sein sollte, um bei den Festopfern auf Ordnung zu halten[2]. »Für eine gute Sache werden drei Worte genug sein (d. h. weiter brauche ich nicht zu erzählen): nicht trügt der Zeuge für die Taten deiner Söhne, Aigina«, d. h. die Ehrenstellung, die Neoptolemos noch jetzt in Delphi einnimmt, ist der beste Beweis für seinen Wert und den seines Geschlechtes. Auf dieses wird der Ruhm ausgedehnt und Aigina selbst

---

[1] Die Korruptelen sind älter als Aristophanes von Byzanz; wundern können sie uns nicht, denn die Handschrift der Päane hat die Festigkeit des Textes neben kleinen Varianten am Rande bestätigt (die für unsere Bücher meist verschwunden sind, also durch Konjektur ersetzt werden müssen, soweit sie das richtige boten). Aber sind es nicht bloß falsche Deutungen? Pindar sprach kein ωι; ob er es geschrieben hat, ob er überhaupt ω geschrieben hat, wüßte ich nicht zu entscheiden; daß sein Text der konventionellen lyrischen Sprache des 5., 4. Jahrhunderts angeglichen ist, liegt zutage. Es ist sehr wohl denkbar, daß er das ionische Η, aber nicht das ω verwandte. Auch die Korinther unterschieden die e-Laute, aber nicht langes und kurzes o.

[2] 38 Μολοσσίας δ' ἐμβασίλευεν ὀλίγον χρόνον, ἀτὰρ γένος αἰεὶ φέρει τοῦτό οἱ γέρας. Da hat φέρει D gegen φέρεν B, ἔσχεν erklären die Scholien; man sieht, wie sie den Aorist für das Imperfekt einschwärzen, das nur erträglich wäre, wenn zu Pindars Zeit das Geschlecht erloschen gewesen wäre. Aus D hat O. Schroeder gleich darauf sehr richtig das rare κτέατα aufgenommen. Wir lernen aus den Päanen, daß Pindar sich δέμαι erlaubt hat (6, 80) und ἥτορι 6, 12; dies kannten wir zwar aus Simonides (36, 6), aber mit der Variante ἧθει. Alles sind merkwürdige Künsteleien, von denen die lebendige Sprache nichts wußte; die Athener weisen sie mit richtigem Sprachgefühle ab. 44 steht ἐχρῆν als Spondeus und ist nicht zu vertreiben, also eine Mißbildung, die sonst erst bei Euripides eindringt. Pindar muß also hier einen Vulgarismus zugelassen haben, den er und die gebildete Sprache überhaupt sonst noch lange vermied; er hat sich in diesen Gedichten wirklich noch etwas gehen lassen.

angeredet, weil Pindar auf Aigina spricht: θρασύ μοι τόδ' εἰπεῖν φαενναῖς ἀρεταῖς ὁδὸν κυρίαν λόγων οἴκοθεν.

Hierin könnte der Akkusativ nur Apposition zu τόδε sein; das Verbum substantivum läßt sich nicht ergänzen, und es würde auch keinen Sinn geben 'ich behaupte dies zuversichtlich, nämlich daß es für große Vorzüge einen Weg von Hause aus gibt . . .'. Aber nicht besser ist 'ich habe den Mut, dies zu sagen, nämlich einen Weg der Rede . . . .'. Einen Weg sagt man nicht, den findet oder sucht man, wie es Ol. 1, 110 heißt, an der Stelle, aus der oben die ὁδὸς λόγων ἐπίκουρος als Parallele zu dem λόγος βοηθός anzuführen war. Offenbar steht die Erklärung »dies kann ich mit Zuversicht behaupten« parallel zu »drei Worte sind genug«. Das deiktische Pronomen hat bei Pindar immer volle Kraft, schärfer als im Attischen. Es bedeutet hier »diese meine Behauptung«, ganz im allgemeinen, also das Lob des Neoptolemos und der Aiakiden. Das duldet keine Apposition; wir erwarten eine Begründung, wie sie eben asyndetisch hinter τρία ἔπεα διαρκέσει stand. »Strahlende Tugenden haben von Hause aus eine κυρία ὁδὸς λόγων«; sie liefern selbst die ἀφορμή; κύριος steht wie in κύριος μήν (Ol. 6, 32) und in κυρία ἡμέρα ἐκκλησία λέξις. Es ist also ein alter Fehler zu tilgen; der Nominativ war durch falsche Verbindung in den Akkusativ umgesetzt, wie gleich nachher (60) σύνεσιν in den Nominativ.

So ist Pindar am Ende der Neoptolemosgeschichte zu ihrer Einführung zurückgekehrt. Er war mit einem βοηθὸς λόγος für Neoptolemos nach Delphi gegangen; wenn er dessen Geschichte hier wieder erzählt, so muß jener frühere λόγος nicht genügt haben. Daher betont er am Ende, daß er seiner Sache ganz sicher sei, liege doch in dem delphischen Kulte des äginetischen Helden das beste Zeugnis für dessen Würde, und wiesen die Taten der Aiakiden überhaupt ihrem Lobe von selbst den Weg: αὐτοὶ ἑαυτοῖς βοηθοῦσιν. Unmöglich wird er sich früher mit ihrem unwidersprechlichen Zeugnisse in Widerspruch gesetzt haben, vielmehr war er auch vorher als ihr βοηθός aufgetreten. Er ist doch ein σοφός und wird sich durch die Aussicht auf momentanen Effekt nicht haben verführen lassen, da er voraussah, wie bald der Rückschlag eintreten müßte.

Nun bricht er ganz wie oben (30) mit ἀλλὰ γάρ ab »aber Abwechslung verlangt man überall«. Das ist ein ihm geläufiger Übergang, der nur etwas geschmückt wird. Es kommt also etwas Neues. Φυᾶι δ' ἕκαστος διαφέρομεν βιοτάν, λαχόντες ὃ μὲν τά, τὰ δ' ἄλλοι[1]. Das greift, wie wir sahen, auf das Proömium zurück. »Unser Leben verläuft je nach

---

[1] Ich habe interpungiert, damit man βιοτάν richtig zu διαφέρομεν ziehe; nach dem, was wir mitbekommen, differenziert sich unser Leben.

unserer besonderen Anlage verschieden. Volle εὐδαιμονία zu gewinnen, ist unmöglich; wenigstens wüßte ich keinen zu nennen, dem es beschieden gewesen wäre. Du Thearion hast ein angemessenes Teil davon (ὄλβος gleich εὐδαιμονία), denn du hast die Initiative zum guten (ehrenhaften), und das beeinträchtigt doch deine Einsicht nicht (du bleibst bei allem Unternehmungsgeist besonnen). Mir als Fremdem liegt jede Mißgunst fern[1] (κακολόγοι δὲ πολῖται Pyth. 11, 28), ich will dich, meinen Freund, mit echtem Lobe erquicken; für einen Ehrenmann ist das der beste Lohn.« Wenn der Vater des unmündigen Siegers diese nicht gerade übertriebenen Komplimente erhält und Pindar sein Wohlwollen noch besonders betont, so tut er dieses wohl auch, weil es auf seine Stellung zu Neoptolemos ein Licht zurückwirft; man wird aber schließen, daß Thearion nicht ganz zufrieden mit seinem πότμος war und auch bei seinen Mitbürgern nicht ungeteilte Anerkennung fand. Zum Athleten war er nicht geschaffen und etwas Besonderes hatte Pindar nicht zu rühmen. »Wenn ein Achäer von dem fernen ionischen Meere (also einer der mit Neoptolemos aus Phthia nach Epirus verschlagenen Achäer) in unserer Nähe ist, wird er mir auch keine Vorwürfe machen. Ich vertraue auf meine Proxenie und zu Hause brauche ich meine Augen nicht niederzuschlagen; ich halte mich von Hochmut frei und stoße alle Gewaltsamkeit von mir: möge die Zukunft gnädig sein (für meine Zukunft wünsche ich εὐφροσύνη). Erst unterrichte man sich, ob ich ein schiefes Wort gesprochen habe (was man ja nun nach meiner Erklärung tun kann) und proklamiere danach sein Urteil[2].« Nachdem Thearion abgetan ist, redet der Dichter von

---

[1] Didymos hat dies richtig gefaßt; das Lob wird mit dem Wasser verglichen, weil es den Ruhm nährt, Nem. 8, 40. Nur der metrische Anstoß bleibt, daß ξεῖνος εἰμὶ σκοτει- – ᴗ – ᴗᴗ – gemessen werden soll. Bekanntlich kennt das Epos so etwas nur im Falle von Verszwang; Homer nur bei dreisilbigen Wörtern von der Messung ᴗ – ⏓ mit doppelkonsonantischem Anlaut (unvermeidliche Eigennamen außer σκέπαρνον, bei dem aber das anlautende σ abgefallen sein kann), Hesiod einmal bei dem iambischen σκιή; dies eine Nachlässigkeit, da es sich vermeiden ließ. Das würde für Pindar hier genau so gelten. Vielleicht ist aber ξένος zu sprechen und die freie Responsion ᴗᴗ – – ᴗ – anzunehmen. Wenn Schroeder den bekannten Wechsel von Choriamb und Diiambus hierher zieht, so ist das unzulässig, weil hier eben keine Choriamben vorhanden sind.

[2] ἀνερεῖ natürlich Futurum von ἀναγορεύειν; nicht sich allein soll er ein Urteil bilden, sondern es öffentlich erklären, als ein Herold für Pindars Unschuld. Das Futurum hat bei Pindar ganz gewöhnlich die Bedeutung des Optativs mit ἄν; der reine Optativ tritt auch so auf: aber das Futurum mit ἄν ist ein Scheusal, für das freilich immer wieder Liebhaber auftreten. Ol. 1, 109 hat O. Schroeder es durch eine treffende Emendation vertrieben, auf die ihn die Recensio führen mußte. Auch in dem so seltsam mißdeuteten megarischen Epigramm hat Solmsen (Athen. Mitteil. 31, 342) diesen einen Fehler leider sogar verteidigt. ταὶ δ᾽ ἐνπίδες, αἴ τέ κα ἄλη, κ᾽ αἴ κ᾽ ἄλη, θαυῆν τῆδε τρόποι (d. i. τρόπωι) πόλεος, d. h. ἐλπίζομεν δὲ θάυειν αὐτὸν ἐνθάδε (in diesem

sich. Den gewiß unwahrscheinlichen Fall, daß ein Epirote in der Korona anwesend sein könnte, die sich um das Haus des Thearion bei dem Feste versammelt hat, fingiert er, damit er sich auch von den Landsleuten des Neoptolemos das Zeugnis geben lassen kann, kein schiefes Wort gesagt zu haben. Da er durch die Verleihung der Proxenie den Molossern (an deren Staat ist nur zu denken) ähnlich wie ein Bürger verbunden ist, werden sie ihn nicht anders beurteilen wollen als seine Thebaner, auf deren notorisches Urteil er sich berufen kann. Und jedenfalls sollen alle seine Verteidigung nur hören, dann werden sie ihn schon freisprechen.

Er besaß also schon die Proxenie der Molosser. Wer aus den Inschriften diese Dinge richtig schätzen gelernt hat, wird zwar nicht zweifeln, daß Pindar im Laufe der Zeiten sehr viele solche Dekorationen erhalten hat, aber ohne besonderen Anlaß schwerlich. Der ist natürlich nicht zu raten, doch denkt man daran, daß er ein Kultlied für den Zeus von Dodona gedichtet hat. Proklos führt in der Chrestomathie als eine besondere Gedichtgattung neben dem δαφνηφορικόν, das wir aus Pindar kennen, ein τριποδηφορικόν, das die Thebaner bei einer Prozession nach Dodona sangen. Es liegt sehr nahe, auch dies auf Pindar zu beziehen, der also zu Hause Verbindungen mit Dodona vorfand.

Nun kehrt er mit voller Anrede des Siegers in seine Umgebung zurück[1]. »Sogenes, ich schwöre dir, ich bin nicht beim Speerwerfen zu weit vorgetreten, so daß ich nicht zum Ringen zugelassen wäre, was freilich blaue Flecke[2] spart.« Der Knabe hatte den Fünfkampf

---

Kenotaph), ἐάν τε ἄλλη καὶ ἐὰν ἄλλη ᾖι, d. h. κέηται oder φέρηται τὸ σῶμα αὐτοῦ. Durch die Wiederholung εἴτε ἄλλη εἴτε ἄλλη wird die Verallgemeinerung *ubi ubi* bezeichnet; die disjunktive Verbindung ist ebenso berechtigt wie die konjunktive. τὰ ἐρυθρὰ ἄλλη καὶ ἄλλη ἐκθύει Hippokrates π. ὑγρῶν χρήσιος XI 445 Ch.

[1] Εὐξενίδα πάτραθε Σώγενες ἀπομνύω, damit respondiert κολλαῖ χρυσὸν ἔν τε λευκὸν ἐλέφαντ' ἁμᾶ, also – ⏑⏑ – | ⏑ – ⏑ – | ⏑ ⏑⏑ – ⏑ –: damit, daß man Kürzezeichen darüber setzt, wird der Vokativ der ersten und die Stammsilbe von χρυσός nicht kurz. Weder die lesbische Deklination noch die Verkürzung von χρύσεος und anderen Weiterbildungen können hier etwas ausmachen. In den anderen Strophenpaaren entspricht – – ⏑⏑ – ⏑ – | ⏑ ⏑⏑ – ⏑ –, steht also das Telesilleion. Identisch ist das nicht, aber ein Dimeter ist es auch, und seit ich gezeigt habe, daß es (normal) achtsilbige Verse gegeben hat, die erst allmählich als Dimeter oder 'äolische Kola' differenziert sind, muß man auf ähnliche freie Responsionen gefaßt sein, wie wir sie für die viersilbigen Metra kennen. Aber überhaupt soll man in Maßen, deren Bau wir erst allmählich lernen, metrische Singularitäten, wenn die Worte kritisch unanfechtbar sind, nicht nur nicht vertilgen, sondern ganz besonders aufmerksam verfolgen, damit man die Metrik lernt, die die Muse kunstvoll gebildet hat, was schwerer ist, als Systeme zu offenbaren. εἴρειν στεφάνους ἐλαφρόν, aber Blumen welken.

[2] αὐχένα καὶ σθένος ἀδίαντος. Dies Wort verstand ich nicht, als ich es zu Bakchylides 17, 172 besprach (Gött. G. A. 98, 154), aber ich forderte das richtige. Jebb redet noch von 'unbenetzt'. Es ist ἀδίαντος, von αἴνειν κατακόπτοντα πτίσσειν, Phot. Berol. ἄναντα.

nach allen Regeln durchgemacht, und die blauen Flecke werden nicht gefehlt haben. Wenigstens dieser Scherz wird also dem Jungen verständlich sein und Spaß machen; sonst ist das Gedicht ja nichts für ihn. »Ich habe nicht zuerst durch etwas Inkommentmäßiges die Zulassung zur weiteren Konkurrenz verwirkt, sondern ganz wie du auch die Lasten und Schmerzen des weiteren Kampfes getragen. εἰ πόνος ἦν, τὸ τερπνὸν πλέον πεδέρχεται.« Das kann nur bedeuten, daß diese Schmerzen freilich weh tun, aber der Genuß doch überwiegt. Für wen? Für den Sieger natürlich, also hier für Pindar, denn er redet ja von sich und παλαίσματα und πόνοι sind bildlich. Da das Vorige durch die Scholien aufgeklärt ist (ich mag wenigstens kein Wort an moderne Künsteleien verlieren), ist am Sinne kein Zweifel. Nur glaube ich nicht, daß die dritte Person πεδέρχεται erträglich ist, so oft auch die alte Sprache das unbestimmte Subjekt unbezeichnet läßt: was wir fordern und was mit einem Schlage die ganze Partie lichtvoll macht, ist so gar billig zu haben: πεδέρχομαι. »Ja, mein lieber Junge, ich habe auch kämpfen müssen, auch manches auszuhalten gehabt, aber nun nach dem Erfolge ist das alles vergessen. Laß mich gewähren; dem Sieger, also dir, zu Gefallen will ich gern zurücknehmen, wenn ich in meinem lauten Rufe etwas zu weit gegangen bin.« Also zu weit gegangen ist Pindar vielleicht; es war nur kein Verstoß, der ihn von der Konkurrenz ausschlösse, und um dem Sieger eine Freude zu machen, ist er bereit, ein zu lautes Wort zu revozieren. Was das ist, sagt er nicht; natürlich dasselbe, was möglicherweise auch der Epirote übel deuten könnte. »Kränze winden ist leicht; das schiebe hinaus (das kann dir jeder leisten, wenn du danach noch verlangst): die Muse verarbeitet Gold, Elfenbein und weiße Korallen.« Die hohe Kunst der Muse, meine Kunst, tut mehr, als Kränze winden: sie liefert ein kompliziertes Schmuckstück, in dem das Disparate vereinigt ist. Gewiß ist dabei an einen goldenen Kranz gedacht im Gegensatz zu einem Blätterkranze[1]; gewiß ist es interessant, zu lernen, daß man damals, in einer Zeit, die Edelsteine noch sehr wenig an-

---

[1] Es scheint, daß Simonides einmal die στεφηπλόκοι, die nur nach Farbe und Geruch die Blumen auswählen, und die Bienen, die selbst den härtesten und herbsten Kräutern den Honig zu entnehmen wissen, in Gegensatz gestellt hat (Plutarch *de audiendo* 8, *de prof. in virt.* 8, *de amor. prol.* 2, Julian 8 p. 241a; Theodor. Prodr. epist. 10 bei Cramer An. Ox. 3, 173 lehrt nichts über diese Stellen hinaus), und dann ist sehr wahrscheinlich, daß die Biene der Dichter oder der wahre Dichter war, wie bei Aristophanes Vög. 746, Horaz IV 2, 29 (wegen des Thymian sicher nach Simonides, aber der Gegensatz zu Pindar ist horazisch). Aber der Niederschlag in zwei Simonides-apophthegmen (Sternbach, *Comm. Ribbeck.* 358) hilft auch nicht zu sicherem Verständnis. Um so weniger kann man eine Beziehung zwischen der Simonideischen und dieser Pindarischen Stelle erschließen, obwohl sie vorhanden gewesen sein mag.

wandte, außer Elfenbein auch Korallen, und zwar weiße, mit Goldschmuck vereinigte (die Archäologen mögen nach solchen Stücken Umschau halten); aber wir suchen hier den Sinn, der sich hinter der Metapher verbirgt. »Ein gewöhnliches Siegeslied mußt du heute nicht verlangen; das kannst du dir immer noch machen lassen. Meine echte Musenkunst macht etwas Komplizierteres.« Was sie macht, ist natürlich eben unser Gedicht, in dem Disparates vereinigt ist, was Pindar gleichzeitig entschuldigt und als einen Vorzug hinstellt. Eine frühere gewagte Äußerung revoziert er dem Sieger zuliebe, fühlt sich aber als der unangreifbar überlegene Dichter, da er das Lied auf den Ägineten hat machen dürfen, während manche ihm wegen jenes halb und halb eingestandenen Fauxpas das weitere Auftreten verwehren wollten. Es ist aber auch ein künstlerisches Bekenntnis, wenn er sich über ein bloßes Siegeslied so vernehmen läßt. Seine Weise muß doch wirklich von den gewöhnlichen Epinikien stark abgestochen haben; Bakchylides hat es anders gemacht, und wo er Ähnliches versucht, pindarisiert er eben. Wie sollte er nicht vielen besser gefallen haben? Wie sollte nicht Pindar eine Zeit des Kampfes durchgemacht haben, ehe sein Dichterruhm so fest stand, daß man auch seine Härten und Dunkelheiten in den Kauf nahm. Vor der sizilischen Reise, als er außer für Aigina, soviel wir wissen, nur für Nordgriechenland dichtete, hatte er diese Stellung noch nicht; seine Weise ist aber in den ältesten datierten Stücken, P. 10. 12. 6, schon völlig ausgeprägt, und er hat hier kein unpassendes Bild für sie gefunden.

Im Gegensatz zu dem allzu lauten Rufe, den er zurückgenommen hat, erklärt er nun dem Zeus von Nemea, der bei dem nemeischen Siege Erwähnung forderte, leise[1] ein Lied singen zu wollen, denn hier gebühre ihm eine Erwähnung mit bescheidener Stimme; hier habe er den Aiakos, nämlich mit der Aigina[2], erzeugt.

ἐμᾶι μὲν πολίαρχον εὐωνύμωι πάτραι,
Ἡράκλεες σέο δὲ προπρήονα ξεῖνον ἀδελφεόν τε[3].

---

[1] θεμερᾶι ὀπί hat D, θαμερᾶι B. Selbst wenn dieses eine Variante ἁμέραι liefert, verdient sie nicht den Vorzug. Paßt denn ἥμερος, der Gegensatz von ἄγριος? Hatte Pindar wie ein Tier oder wie ein Barbar gebrüllt? θεμερός ist doch zu rar, als daß es Schreibfehler sein könnte, und wie passend es ist, lehrt die θεμερῶπις αἰδώς der Okeaniden, Aisch. Prom. 134. Gewiß, die Kongruenz der entsprechenden Verse ist dann aufgehoben; aber das anapästische Metron gleich dem Dochmius ist im Drama notorisch.

[2] Auf den Namen kommt es an; der wird auf Aigina in ὑπὸ ματροδόκοις γοναῖς verstanden.

[3] προπρεῶνα μὲν ξεῖνον überliefert mit der Erklärung πρόθυμον. Die Verbesserung stammt von Bergk, der sie freilich verschmäht hat. μὲν ist erst eingesetzt, den Vers zu füllen, als προπρήονα geändert war, warum, weiß man ebensowenig wie man

Auf Herakles will er hinaus, weil dem das folgende gilt; darum redet er ihn hier schon an. Eine Beziehung von ihm zu dem eine Generation ältern Aiakos konnte von der Sage nicht wohl gegeben sein, und Pindar bringt auch nur Allgemeinheiten. Vielleicht vermittelte der zwischenstehende Satz. Aber zu welcher Stadt stand Aiakos im Verhältnis des πολίαρχος? Zu Aigina, sagen die meisten seit alter Zeit und suchen das durch Interpretation oder Änderung (ἑᾶι) hineinzuzwängen. Aber daß der Sohn Aiginas auf Aigina herrschen wird, ist selbstverständlich. »Als Stadtherrscher für sein eigenes Vaterland« das taugt nichts; der Stadtherrscher oder das Vaterland ist überflüssig. »Meine Stadt« kann bei Pindar nur Theben sein, und neben Herakles wird eben dieses erwartet. Aber was bedeutet πολίαρχος? Ein Scholion ist nicht erhalten; in der Paraphrase steht βοηθός. Belegt ist das Wort außer als Eigenname nur bei dem Verfasser des Rhesos 381, wo der Chor der Troer zu dem heranziehenden Bundesgenossen Rhesos sagt καλὸν ὦ Θράικη σκυμνὸν ἔθρεψας πολίαρχον ἰδεῖν. Da ist »Stadtherr« unsinnig, βοηθός passend. Der Verfasser des Rhesos hat nachgewiesenermaßen Böotismen[1]: so dürfte auch dieses einer sein, über dessen Ursprung in dem böotischen Bundesstaate man leicht etwas vermuten, aber zur Zeit nichts beweisen kann. Bei Pindar wird also die Überlieferung und die Paraphrase nicht angetastet werden dürfen, aber freilich als etwas Unverstandenes, denn auch von einem Hilfszug des Aiakos für Theben ist uns nichts bekannt, und hier muß eine bestimmte Geschichte gemeint sein[2].

»Schon unter Menschen ist ein guter Nachbar höchst erfreulich, und wenn gar ein Gott ein solches Verhältnis aufrechthält[3], da wird

die Glosse πρόθυμος versteht. προπρήων, -ονος hat Choeroboskos (Herodian) I 71 Gaisf. notiert, neben παιήων, das genügt, προπρήων gegen Schroeders Vorwurf *foedus ionismus* zu verteidigen, πρηών = πρών ist bekannt und steckt in πρῆον ὑπερέχον bei Hesych. Es mag also den Gastfreund bezeichnen, der ein überragender, schützender Patron ist. Natürlich bleibt ein solches ἅπαξ κείμενον halb unverständlich.

[1] Berliner Klassikertexte V 2, 28.

[2] N. 8 hören wir, daß der Herrschaft des Aiakos sich Spartaner und Athener fügten (d. h. alle Griechen; gesagt natürlich, als die beiden sich in die Hegemonie teilten, was schon allein das Gedicht einigermaßen datiert, nach 478). Dann taten es natürlich auch die Thebaner. Eine solche Suprematie liegt in dem äginetischen Kult des Zeus Πανελλήνιος, aber es braucht nicht mehr als dieser Kult und sein αἴτιον (Diodor IV 61) darin zu liegen. Für Nem. 7 läßt sich das nicht verwenden.

[3] ἀνέχειν im Sinne von βαστάζειν αὔξάνειν τιμᾶν war den alten Grammatikern bekannt, deren Erklärungen der Thesaurus zusammenstellt. Hier gibt die Paraphrase παρέχοι (in παρέχει verschrieben). Aber ein Grammatiker verband falsch εἰ δέ, θεὸς τοῦτ' ἂν ἔχοι, und dem folgen die Scholien und die Betonung der Handschriften, und da sie nur an abgeteilte, akzentuierte Texte gewöhnt waren, ließen sich Hermann und Boeckh von ἂν ἔχοι als etwas Überliefertem imponieren. εἰ δὲ θεὸς τοῦτ' ἀνέχοι (τοῦτο, nicht χάρμα, sondern was als solches prädiziert ist, also die Nachbarschaft), ἐν τίν κ' ἐθέλοι Cωγένης εὐτυχῶς ναίειν. Das ist unlogisch zusammengezogen für εὐτυχὴς

Sogenes unter deinem Schutze, Herakles, seinen Vater beglückend auf dem väterlichen Gute wohnen[1]; dir gehören ja die beiden Nachbargrundstücke[2]. So bitte denn Zeus und Athena (die dir in deinem Leben beigestanden haben), und du hast auch selbst die Kraft, den Menschen in manchen Lagen zu helfen. Mögest du sie denn (Vater und Sohn) durch Jugend und Alter in Glückseligkeit geleiten und ihre Kindeskinder in gleichen oder höheren Ehren halten.« Alles ist auf den Augenblick berechnet, wo das Lied auf dem Hofe Thearions angesichts der Heraklesgrundstücke gesungen wird; ἥβα und γῆρας gemahnen an die Eileithyia des Einganges, und das Kind wird nicht als Sieger, sondern als Hoffnung des Vaters bedacht. Ein volltönender herzlicher Schluß.

Und doch kommt noch ein für unser Gefühl störender Nachtrag, »niemals werde ich zugeben, den Neoptolemos mit unpassendem Worte angegriffen zu haben; aber zwei-, dreimal dasselbe zu sagen, macht nur den Eindruck, als wüßte man sich nicht zu helfen, wie den Kindern der μαψυλάκας Διὸς Κόρινθος[3]. Ein Beispiel erläutere diesen: es geht ein Wanderer durch ein Dorf, die Kinder laufen ihm nach und hänseln ihn; er scheucht sie zuerst mit dem Fluche »der Teufel holt euch«; aber als er auf erneute Belästigung immer wieder mit demselben Fluche kommt, merken die Kinder seine ἀπορία, und der Teufel wird ihnen ein Hund, der nur bellt, aber nicht beißt. Die Grammatiker, die das Sprichwort mit Berufung auf diese Stelle ἐπὶ τῶν ἐπ' οὐδενὶ τέλει ἀπειλούντων gesagt nennen, haben es richtig aufgefaßt[4].

ἂν εἴη ὁ ἐν αὐτῶι ναίων, οἷον νῦν ἐν σοὶ Σωγένης. Man will das jetzt vermeiden, indem man hinter dem zweiten Bedingungssatze den Nachsatz (πολὺ μᾶλλον) unterdrückt glaubt und dann einen neuen Satz asyndetisch beginnen läßt. Auf dem Papier geht das mit einem Gedankenstrich; aber gesprochen kann man es nicht verstehen, denn was auf den Bedingungssatz folgt, hat ganz die Form seines Nachsatzes. Also ist die Inkonzinnität hinzunehmen.

[1] ἐν τίν κ' ἐθέλοι ... εὐτυχῶς ναίειν πατρὶ Σωγένης ἀταλὸν ἀμφέπων θυμὸν προγόνων ἄγυιαν. Darin ist ἀταλὸν ἀμφέπων θυμὸν Periphrase des Homerischen ἀταλὰ φρονέων und bezeichnet nur das Kindesalter des Sogenes; den Dativ πατρὶ könnte es niemals regieren. Der gehört also zu εὐτυχῶς wie εὐτυχῶς τῆι πόλει Euripides Phön. 1208. ἐθέλω zeigt hier wie manchmal gerade in älterer poetischer Sprache den Ansatz zu einer Periphrase des Futurs, was es im Griechischen schließlich geworden ist. In Fällen wie Eur. Tro. 28 τὰ τῶν θεῶν οὐ τιμᾶσθαι θέλει erklären die Alten φιλεῖ, pflegt. Das steht dem ganz nahe. *to will* im Englischen hat genau dieselben Bedeutungsnuancen erhalten.

[2] τεμένη brauchen keine ἱερά zu sein; es genügt, daß das Land dem Gotte gehörte. Nichts zeugt dafür, daß wir in der Stadt sind, denn ein Ἀγυιεύς wird auch vor dem Bauernhofe nicht fehlen.

[3] Die Handschriften betonen Διοσκόρινθος wie Διόσκουροι; natürlich ist das ganz ohne Bedeutung und kann eine falsche Etymologie des karischen Ortsnamens, von der man besser schweigt, nicht stützen.

[4] Zenobius Athous I, 66; sonst wird das Wort nur auf ταὐτὰ τρὶς τετράκι τ' ἀμπολεῖν gedeutet. Die verschiedenen Aitia lehren für seine Herkunft oder Bedeutung überhaupt nichts.

So viel lag Pindar an seiner Selbstverteidigung, daß er diesen Nachtrag zufügte, der uns die Stimmung des Schlusses stört. Wir erkennen um so deutlicher die Nebenabsicht, mit der er das Siegeslied gemacht hat, das wir nun durchgesprochen haben. Wohl hat er seiner Aufgabe Genüge getan und den Thearion zu dem Siege seines Sohnes beglückwünscht, aber ebensoviel Worte gemacht, sich wegen einer Äußerung zu rechtfertigen, die er in Delphi über Neoptolemos getan hatte und die als unehrerbietig gegen diesen aufgefaßt war. Neoptolemos stammte zwar durch seinen Großvater aus Aigina, man kann ihn aber kaum einen äginetischen Helden nennen und wundert sich etwas, daß man auf der Insel eine Äußerung über ihn so schwer genommen hatte; Pindar führt ja auch als besonders interessiert einen Epiroten ein. Aber das ist nun einmal geschehen, und Pindar hat die Gelegenheit benutzt, sich eben dort zu verantworten. Er hatte die Empfindung, daß sein Gedicht zwiespältig ward, aber das suchte er als etwas Höheres gegenüber einem bloßen Siegesliede hinzustellen, und wenn er auch den Ton seiner früheren Äußerung preisgab, er wollte doch nichts anderes getan haben, jetzt und früher, als was des ehrlichen Dichters hoher Beruf war, also die Ehre des toten Helden durchaus gewahrt haben.

Das Gedicht trägt als einziges unter den nemeischen und isthmischen ein Datum in den Scholien. Sogenes hätte als Erster im πένταθλον παίδων gesiegt, κατὰ τὴν ιδ' (so B, aber D κδ') Νεμεάδα. ἐτέθη δὲ ὁ πένταθλος πρῶτον κατὰ τὴν ιγ' Νεμεάδα. Gemeint ist natürlich die Einführung des πένταθλον παίδων, denn für Männer wird dieser Kampf überhaupt nie gefehlt haben. Wie lange es dauerte, bis ein äginetischer Knabe einen solchen Sieg errang, kann niemand raten; die Differenz zwischen beiden Zahlen kann also beliebig sein, und die Änderung der zweiten Zahl ist ganz unberechtigt. Wer mit Scholiasten verkehrt, wird nicht nach einer besonderen Absicht suchen, die den Grammatiker bestimmt hätte, die Notiz über die Stiftung des Knabenagons beizufügen. Die erste Zahl ist unsicher überliefert und sicher verdorben. Denn wir wissen zwar noch keineswegs sicher, zu welchem Jahre Hieronymus die Stiftung der Nemeen beigeschrieben hat, und noch viel weniger, ob das Jahr in den eusebischen Kanones richtig vermerkt war, aber groß können die Schwankungen nicht sein, und zugrunde lag die durchaus glaubwürdige alexandrinische Chronographie. Also mit Reserve darf man an 573 glauben. Dann muß der unsicher überlieferte Zehner in dem Scholion falsch sein, denn das Fest wird ja ein Jahr um das andere gefeiert und 545 oder 525 sind schlechthin unmöglich. Dann sollte man sich doch aber längst gesagt haben, daß das Datum unverwendbar ist, und auf Hermanns Einfall να' zu

bauen eine bare Willkür. μα′ liegt mindestens ebenso nahe[1]; aber die paläographische Wahrscheinlichkeit einer Änderung gibt bei einer Zahl keine Garantie. Es ist überhaupt ganz sonderbar, daß dies einzige Mal gezählte Nemeaden vorkommen, sonst nicht der mindeste Anhalt dafür ist, daß die Siegerchronik publiziert war. Aber erfunden ist das Zeugnis doch nicht; wir werden darauf nicht bauen, vielmehr wenn wir eine Datierung gewinnen, die sich mit ihm leicht und gut vereinigen läßt, dies für seine Glaubwürdigkeit in die Wagschale werfen.

Daß die antiken Grammatiker das Gedicht als Ganzes zu verstehen keinen Versuch gemacht haben, kann nicht befremden; das haben sie nie getan. Wohl aber wirft es ein schlimmes Licht auf sie, daß erst Aristodemos, Aristarchs Schüler, das delphische Gedicht aufgesucht hat, in dem Pindar von Neoptolemos gehandelt hatte. Es war ein Päan, und da seine Anfangsworte bekannt waren, hatte ich ihn datieren können (Sitzungsber. 1900, 1287). Der Anfang ist:

πρὸϲ Ὀλυμπίου Διόϲ ϲε χρυϲέα κλυτόμαντι Πυθοῖ
λίϲϲομαι Χαρίτεϲϲίν τε καὶ ϲὺν Ἀφροδίται
ἔν ζαθέωι με δέξαι χρόνωι
ἀοίδιμον Πιερίδων προφάταν[2].

Darauf bezieht sich der Anfang von Pyth. 6:

ἀκούϲατ’. ἦ γὰρ ἑλικώπιδοϲ Ἀφροδίταϲ
ἄρουραν ἢ Χαρίτων ἀναπολίζομεν.

Erst die Rückbeziehung macht den Ausdruck »wieder pflügen« verständlich[3]. Nun ist Pyth. 6 auf 490 datiert; folglich ist der Päan etwas, aber nicht viel älter. Einige, aber nicht zu viel Jahre danach muß die Verteidigung des Päan fallen: 485 ergibt die leichteste Änderung μα′ aus κα′; ια′ stammt ja von ιγ′.

Seit wenigen Wochen besitzen wir große Stücke jenes Päans dank dem Papyrus Oxyrynch. 841. Nach dem schon angeführten Eingang sagt Pindar, er hätte die Kastalia ohne Begleitung von Jungfrauentänzen[4] rauschen gehört und käme deshalb, um den Del-

---

[1] Gaspar, *Chronologie Pindarique* 39 hat mit Recht Hermanns Änderung verworfen, aber κα′ (ια) in μα′ geändert; das heißt doch sich das Datum selbst fabrizieren.

[2] Fg. 91 aus Aristides; Pap. Oxyr. 841 hat nur in V. 2 das Ny in Χαρίτεϲϲιν und als Variante das unbrauchbare ἀοιδίμων V. 4 gebracht: wieder schwankt die Quantität eines ο.

[3] ἀναπολεῖν steht gerade in N. 7, 104.

[4] V. 8 ἀίων – ἦλθον; da ist das Partizip deutlich noch aoristisch, wie es muß, also danach zu betonen, vgl. Homer Π 508 mit Schol. Vs. 17 παρὰ ϲκιόεντα muß nach den respondierenden Versen das Maß haben ⏑ – ⏑ – – ⏑; ich halte freie Entsprechung für unmöglich und vermute eine Nebenform ϲκιάεντα, die sprachlich normale. ϲκιόειϲ hat im Epos der Verszwang erzeugt.

phischen Bürgern aus ihrer Notlage zu helfen, ἔταις ἀμαχανίαν ἀλέξων[1] τεοῖσιν (d. i. Δελφοῖς) ἐμαῖς τε τιμαῖς. Dies letzte kann nicht bedeuten, wie das Scholion erklärt, ἵνα ἔντιμος ὦ, sondern auch seinen Ehren droht ἀμαχανία, der er wehren muß. Er besaß also in Delphi bereits Ehren, die mitbedroht waren durch die ἀμαχανία, in der sich die Delpher befanden, und wenn Pindar statt der Delpher einen Chor, dessen Sänger er dann beschaffen mußte, aufbrachte, so war beiden abgeholfen. Offenbar stand er bereits zu Delphi in einem persönlichen Verhältnis, hatte irgendwelche Ehren erhalten (also auch schon für Delphi gedichtet); welche es waren, wollen wir hier noch nicht fragen, weil es sich gleich von selbst herausstellt.

Am Schlusse der ersten Triade ruft er erst die Musen an, ihm bei seinem Gesange zu helfen[2], kommt also erst jetzt zu seiner eigentlichen Aufgabe: über das vorige erkennt man nur, daß er etwas berührt hatte, was die Menschen ohne göttliche Garantie der Wahrheit nicht glauben würden. Dann erfahren wir, daß dieses Lied für die Theoxenien bestimmt war[3]: die sind also der ζάθεος χρόνος V. 2.

[1] ἀλέξων richtig von Grenfell und Hunt aus den Varianten (daneben ἀέξων und ἀρήξων) ausgewählt. In dem Scholion lesen sie ἔλεξεν μέντοι ἵνα δηλονότι ἔντιμος ὦ. In der Tat führen darauf die Schriftzüge am ehesten, obwohl ελ nicht sicher ist. Aber dann war das Scholion verschrieben: ἔλεξα ist kein Wort für diese Prosa, und davon kann nicht ἵνα abhängen. Gefordert wird ἀλέξων. In dem Scholion vorher scheint mir deutlich nicht λεοντων χα[zu stehen, sondern was man verlangt διὰ χαλκῶν λεοντοχα[σμα]τίων. Über λεοντόχασμα Haupt Opusc. II 419.

[2] V. 50—53 »Das können die Götter den σοφοί glaublich machen, Menschenwitz findet es nicht« gehört zu dem vorigen, leitet aber zu der Aufforderung »Musen, helft mir jetzt« über. σοφοί ganz wie N. 7, 17; auch hier gehört der Dichter unter sie. ἀλλὰ παρθένοι γὰρ ἰσϲτ. Μοῖσαι πάντα κελαινεφεῖ σὺν πατρὶ Μναμοσύναι τε τοῦτον ἔσχετε τεθμόν· κλῦτέ νυν. Darin habe ich nicht bezeichnet, was Gr. H. schön und sicher ergänzt haben. ϲτ sind sehr unsicher, zumal das zweite. Die versuchte Ergänzung bekämpfe ich nicht erst; sie erfordert Zusätze und gibt das unverkennbare Μοῖσαι auf. Ein Zusatz ist in der Tat nötig, wenn die einzige erhaltene Zeile 115, die respondiert, heil ist. Denn sie gibt das Maß – ᴗ – ᴗ – ᴗ – ᴗᴗ – ᴗ ἐ|πενθορόντα, μή μιν εὖφρον᾽ ἐς οἶμον | μήτ᾽ ἐπὶ γῆρας ἱξέμεν βίου. Aber da springt in die Augen, daß die Präposition ἐς falsch ist, eingefügt, weil das ἀπὸ κοινοῦ verkannt ward; ἐπί regiert auch den ersten Akkusativ. Nun wird es leicht. »Aber ... ihr habt mit Zeus und Mnemonyse (mit ihrer Hilfe) diese Aufgabe: hört mich. Welche Aufgabe? Zu hören und dem Sänger beizustehen. Die Begründung dafür, daß sie diese Aufgabe haben, steckt in ἰσϲτ. Μοῖσαι πάντα; das γάρ ist in bekannter Weise antizipiert; ich habe den Gebrauch zu Eurip. Her. 138 erläutert. Das war also ἴσστε oder, was ich vorziehe, ἴσατε.

[3] ἔραται δέ μοι γλῶσσα μέλιτος ἄωτον γλυκὺν – – ἀγῶνα Λοξίαι καταβάντ᾽ εὐρὺν ἐν θεῶν ξενίαι. In der Lücke hat ein Infinitiv gestanden; die respondierenden Verse 120 und 181 zeigen, daß ᴗᴗ – – fehlt. Am Ende aber ist Fermate, so daß Gr. H. nicht προχέειν ἐς ergänzen durften. Daß καταβαίνειν den bloßen Akkusativ des Zieles bei sich hat, ist ebenso unanstößig wie der Dativus commodi Λοξίαι, den Gr. H. in den Genetiv ändern, den ich kaum zu rechtfertigen wüßte. Eine passende Ergänzung ist z. B. καταλείβειν.

Θεοξένιος hieß der neunte delphische Monat; wir wissen, daß das Fest mit Chören begangen ward[1], die also 490 nicht zustande kamen, so daß Pindar eintrat. Das Gedicht wird demnach etwa im März 490, fünf Monate vor den Pythien aufgeführt sein, bei denen Pindar wieder zur Stelle war und den κῶμος für Thrasybulos führte, Pyth. 6: damals hat er die Beziehungen zu Sizilien begründet, die ihm so wichtig werden sollten. Aber in Delphi hat er nach zuverlässiger Überlieferung einmal die Ehre erhalten, zu den Theoxenien geladen zu werden, was selbst nach seinem Tode noch beobachtet ward, um eine Portion des Mahles zu empfangen[2], eben jenes Mahles, über dessen Ordnung Neoptolemos nach Nem. 7, 47 zu wachen hat. Der Zusammenhang mit diesem Päan ist deutlich; und sind das nicht etwa seine τιμαί, eben die μοίριαι τιμαί, die uns bald begegnen werden? Die Ehre an den Theoxenien als Gast der Delpher eine Portion zu bekommen, war geschmälert, wenn das Fest durch das Fehlen eines Chorliedes an Glanz verlor: so half Pindar seinen eigenen τιμαί aus der Verlegenheit, wenn er für dieses sorgte. Eine singuläre Ehre war seine Ladung zu den Theoxenien nach dem Tode, denn dann lag die Heroisierung darin; bei seinen Lebzeiten wird nicht mehr als die Proxenie darin gelegen haben, denn wie sollten die Delpher die anwesenden πρόξενοι von den ξένια ausgeschlossen haben?

In der zweiten Triade hat er das Aition des Festes erzählt; die Delpher haben es als ein panhellenisches bei einer Hungersnot gestiftet. Mehr erkennt man nicht und noch weniger den raschen Übergang zu den Taten Apollons gegen die Hellenen für die Troer. Man mag sich denken, daß dies in der ersten Triade vorbereitet war. »Apollon hat den Sturz von Ilion aufgehalten, indem er den Achilleus erschoß, und welchen Widerstand hat er nicht Hera und Athena entgegengesetzt! Ohne ihn hätte die Eroberung den Danaern viel weniger Mühe gekostet. Aber Zeus wagt[3] nicht zu lösen, was vom Schicksal festgesetzt ist. So mußte denn Troia fallen. Nach Achills Tod holten sie Neoptolemos aus Skyros[4], und der zerstörte es. Aber er hat weder

[1] Für die Theoxenien hat der Athener Kleochares eins seiner Lieder gemacht, Dittenberger, Syll. 662.

[2] Das Fest gibt Plutarch *de sera num. vind.* 558, die Tatsache auch die Vita in ihren Brechungen und aus ihr Pausanias IX 23, 3 in gewohnter Weise schief berichtend. Aus der Vita folgt, daß die Ladung in dem Tetrameter Πίνδαρον τὸν μουσοποιὸν εἰς τὸ δεῖπνον τοῦ θεοῦ gegeben ward, wie Alexander die Schonung für Pindars Haus in dem Tetrameter gegeben haben soll Πινδάρου τοῦ μουσοποιοῦ τὴν στέγην μὴ καίετε. Wie man sich diese Verse entstanden denken soll, ist mir rätselhaft.

[3] 94 μόρσιμ' ἀναλῦεν Ζεὺς οὐ τολμᾷ. Das muß als allgemeingültig im Präsens ausgesprochen werden. Gr. H. geben τόλμα, weil das Iota im Papyrus fehlt. Aber das Imperfektum ist wohl überhaupt unmöglich.

[4] Den Hiatus ἄγγελοι ὀπίσω 101 weiß ich weder zu entschuldigen noch zu entfernen.

seine Mutter (in Skyros) wiedergesehen, noch in seines Vaters Reiche das Myrmidonenheer zum Kampfe geführt[1], sondern ward nach Epirus verschlagen. Apollon vergaß seiner nicht, sondern schwor, daß derjenige, der den Priamos am Altare des Zeus ἑρκεῖος erschlagen hatte, keinen glücklichen Lebenspfad wandeln und nicht zu Jahren kommen sollte, ἀμφιπόλοις δὲ μυριᾶν περὶ τιμᾶν [. . .]αζόμενον κτάνεν [. . .]ει φίλωι γᾶς παρ᾽ ὀμφαλὸν εὐρύν. Ruft ἰηπαιάν, ihr Jünglinge[2]!«

Die Ergänzungen von Gr. H. δηριαζόμενον und ἐν τεμένεϊ sind nicht sicher. Das erste ist ein neugebildetes Wort, aber der Sinn ist gesichert durch die seltsame Wiedergabe der Stelle im Schol. Nem. 7, 94 ἀμφιπόλοις μαρνάμενον. ἐν τεμένεϊ setzt eine Auslassung voraus, die freilich gerade hier hinter κτανεν oder κτανεμεν sehr wohl denkbar ist[3]. Zu μυριᾶν steht am Rande die mit Wahrscheinlichkeit auf Zenodot zurückgeführte Variante Πυθιᾶν, eine verwerfliche Konjektur, die aber nicht von Zenodot selbst herzurühren braucht. Derselbe schrieb κτανέμεν; im Text ist überliefert κτανειν, κτάνεν haben Gr. H. geschrieben und dasselbe mit Wahrscheinlichkeit am Rande als Variante ergänzt. Ihre Behandlung ist also ganz vortrefflich, wie denn überhaupt die Textbehandlung dieser ungemein schwierigen Reste eine Leistung ersten Ranges ist; wer nur mit bereits zurechtgemachten Texten arbeitet, kann das gar nicht hinlänglich schätzen. Wir wissen also wenigstens, was Pindar sagen wollte. Apollon hat selbst den Tod des Neoptolemos herbeigeführt, nicht daß er den Streich geführt hätte; κτάνεν ersetzt nur mit angemessener Kürze ein ὤμοσεν θανεῖσθαι αὐτὸν καὶ ἐμηχανήσατο τὸν θάνατον. Es war das Gottes Wille, daß Neoptolemos in dem Streite mit den Tempeldienern μυριᾶν περὶ τιμᾶν getötet würde. Was sind die τιμαί? Das Scholion lautet ἤτοι τῶν κρεῶν, ἃ διαρπαζόντων τῶν Δ[ελφῶ]ν ἐδυσχέραινε καὶ ἐκώλυε· διὸ καὶ ἀνῄρηται· ἢ τῶν χρημάτων, ἃ διαρπάζων εἰς ἐκδικίαν τοῦ πατρὸς

[1] 106 οὔτε πατρώιοις ἐν ἀρούραις ἱππεὺς (ιππους Pap.) Μυρμιδόνων χαλκοκορυστὰν ὅμιλον ἔγειρεν. Das ist eine evidente Verbesserung; ἄγειρεν fällt einem ein; aber man läßt es fallen, wenn man an ἐγείρειν ἄρηα, μάχην, πόλεμον (kaum je persönliches Objekt) ἐγρεκύδοιμος, Ἐγέρτιος Κυνέγειρος denkt.

[2] 121 ιηιητε νῦν μέτρα παιηόνων ιητε νέοι. So schreiben Gr. H., und es ist daran kein Zweifel. Aber was ist ιητε? Es kann doch nur eine Verbalform sein; gefordert ist ἵετε, kaum erträglich der Optativ ἱεῖτε. Also ist um der Etymologie von ἰηπαιάν, ἰεπαιάν willen die Sprache vergewaltigt und mit dem Plural dasselbe getan, was Kallimachos mit dem Singular tut, wenn er bei der Angabe des Aitions für das Epiphonema sagt ἰὴ ἰὴ παιῆον ἵει βέλος (2, 101), wo unsre Akzentuation und Schreibung eigentlich unsinnig wird: denn ἰὴ und ἵει muß identisch sein.

[3] Man sähe lieber das Haus als den Bezirk des Gottes genannt, da Neoptolemos im Tempel wirklich neben dem Nabel gefallen war, Pausan. X 24, 4. Daß der Nabel damals, wie sich gehörte, im Tempel stand, folgt aus Euripides' Ion; Pausanias X 16, 3 erwähnt ihn anderswo.

ἀνηιρέθη[1]. Das zweite hat derjenige angenommen, der Πυθιᾶν περὶ τιμᾶν schrieb; aber τιμαί sind keine Schätze, und der Gott würde in solchem Fall in Notwehr gehandelt haben. Das erste hätten die Erklärer mit Nem. 7 belegen sollen[2], wo ihn κρεῶν ὕπερ μάχας ἔλασεν ἀντιτυχόντ' ἀνὴρ μαχαίραι. Danach kam er gerade dazu, als in Delphi Prügelei um die Fleischstücke (die μοῖραι des Theoxenienopfers) war, und dabei traf ihn jemand mit dem Messer, d. h. erschlug ihn Μαχαιρεὺς ὁ Δαίτα[3]. Das ist auch hier gemeint, aber so ausgedrückt, daß der Gott den Neoptolemos tötet, d. i. durch seinen Diener töten läßt, als er mit den Dienern streitet μυριᾶν περὶ τιμᾶν. Was auch die so kaum verständlichen τιμαί waren, zahllos waren sie nicht, sonst hätte jeder ohne Prügelei eine bekommen können. Also bleibt auch jetzt noch die Emendation Boeckhs μοιριᾶν richtig, wie sie denn auch Gr. H. eingesetzt haben. Darin liegt, daß schon Zenodotos eine jungböotische Schreibung vorfand, die wir in die gemeingriechische zurückübersetzen. Für die Pindarüberlieferung ist das eine Tatsache von höchster Bedeutung, ganz wie die Interpolation O. 2, 26, die Aristophanes vorfand, durchschaute und weitergab. Von der Böotisierung, die wir bei Korinna vor Augen haben, ist also Pindar auch nicht ganz verschont geblieben.

Die dritte Triade setzt ganz ohne Verbindung ein; das Epiphonem des Päans hatte ja auch einen Schluß gemacht. »Als eine hochberühmte Königin wohnst du im Dorischen Meere, strahlendes Gestirn des Zeus Hellanios (Aigina).«

Verweilen wir einen Augenblick bei dem Dorischen Meere. So nennt er den Saronischen Busen. Welch ein Zeugnis für die Machtverhältnisse der griechischen Staaten vor der Flottengründung des Themistokles. Denn als Athen eine Kriegsflotte hatte, hörte dies Meer für immer auf, ein dorisches zu sein. Der eine Ausdruck datiert das Gedicht vor Salamis. Der Antagonismus Aiginas mit Athen, der 487 zu einem vergeblichen Angriffe der Athener, dreißig Jahre später zu der Unterwerfung Aiginas führte, wird hier einmal von der äginetischen Seite beleuchtet.

»Herrin des Dorischen Meeres, ich will dich demgemäß nicht ohne Anteil an dem Päan liegen lassen: die Wellen meines Gesanges sollen dich erreichen, daß du uns Auskunft darüber gebest, woher du die Vorherrschaft zur See und die Fürsorge für die Fremden erhalten

---

[1] Überliefert ist ΗΔΙΑΡΠΑΖΟΝΤΩΝΤΩΝΑ . . . ΩΝ, was Gr. H. mit ἄλλων füllen. Das denke ich richtiger gemacht zu haben; vorher war ein Fehler zu berichtigen.

[2] Vielleicht haben sie es getan, da sie κρεῶν als Erklärung geben; die Scholien sind ja ganz zusammengestrichen.

[3] Die Varianten der Erzählung sind richtig gesondert von P. Friedländer, Argolica 91.

hast. Zeus, der die Aigina entführte und den Aiakos erzeugte, hat sie dir gegeben.« Die θεμίξενος ἀρετά Aiginas hat Pindar oft gepriesen; in der Stadt, die selbst weder Ackerbau noch Industrie besaß, also nur vom Handel lebte, mußten die fremden Kaufleute so gut behandelt werden wie später aus demselben Grunde in Athen. Aber ναυπρύτανις ist Aigina schon 480 nicht mehr gewesen, wo es noch die ἀριστεῖα für Salamis erhielt. Schon was zunächst folgt, die Entführung Aiginas und ihr Beilager mit dem Gotte, kann ich nicht ganz verstehen. Dann sind von dem Reste des Gedichtes kaum vereinzelte Wörter vorhanden. Aber die ganze letzte Triade hat offenbar nur Aigina gegolten. Wie konnte ihr ein Drittel des delphischen Theoxenienliedes gewidmet werden? Gewiß, dies delphische Fest war um einer panhellenischen Hungersnot willen gestiftet, und in einer Hungersnot hatte Aiakos für ganz Hellas zum Zeus Hellanios gebetet[1]. Die Parallele trifft genau; aber lag es in Delphi nahe, sie zu ziehen? Da muß eine besondere Veranlassung vorgelegen haben, die zu erkennen die Verstümmelung nicht mehr gestattet, so daß die Vermutung an die Stelle des Beweises treten muß. Die Delpher hatten keinen Chor für die Theoxenien; Pindar kommt ihnen zu Hilfe: wo hat er seine Choreuten her, die νέοι, die er zum Rufe ἰηπαιάν am Schlusse der zweiten Triade auffordert und am Schlusse des dritten auch anredet[2]? Ich vermute, sein Chor bestand aus jungen Ägineten, was dann voraussetzt, daß seine Beziehung zu der Insel damals schon begründet war; sie hat für das Leben vorgehalten. Jedenfalls steht in dem Päan ein Preis Aiginas neben der Erzählung von Neoptolemos, die diesen freilich mit seinen äginetischen Vorfahren nicht in Beziehung setzt, und ist Pindar dann auf Aigina beflissen gewesen, eine Verstimmung zu beschwichtigen, die er dort durch seine Behandlung des Neoptolemos erregt hatte. Wie natürlich wird das, wenn Ägineten jenen Päan in Delphi gesungen hatten. Wir müssen gestehen, daß jeder Grund zur Verstimmung hatte, der an der Ehre des Neoptolemos tiefen Anteil nahm. So tat man also in Aigina, und es ist begreiflich, daß Pindar sich zu rechtfertigen suchte, sobald er eine Gelegenheit fand. Epirus war weit; die Bildung dort schwerlich so hoch, daß man sich um Neoptolemos bei Pindar aufregte: der Ἀχαιὸς ἀνήρ in Nem. 7 ist vom Dichter herangeholt, der eigentlich sagen will: »Was ereifert ihr euch? Die Myrmidonen von Epirus haben mich zu ihrem Proxenos gemacht und regen sich gar nicht auf.« Die Stimmung, aus der Nem. 7 verfaßt ist, dürfte nun ebenso vollkommen deutlich sein wie

[1] Schol. 125 erzählt die Geschichte; dem ist nichts für oder gegen eine Erwähnung in dem Päan zu entnehmen.

[2] V. 180 στεφάνοισι παν--- σκιάζετε· Μοισᾶν --- πολλάκι· παιὰν δὲ --- ἂν.

seine Gedanken und Worte; die Verteidigung seiner komplizierteren Poesie (V. 78) gegen das Geschmacksurteil des äginetischen Publikums kommt noch dazu[1].

Pindar sieht sich in Nem. 7 veranlaßt, die ganze Geschichte des Neoptolemos zu erzählen. Er wäre von Epirus nach Delphi gekommen, um dem Gotte die δεκάτη zu weihen, wäre durch einen bedauerlichen Unfall erschlagen, aber nach dem Willen des Geschickes, das einen Aiakiden als Heros im Heiligtum haben wollte. Pindar behauptet, auch früher nichts anderes gemeint zu haben. Wir sollen also ἀμφιπόλοιϲ δὲ μοιριᾶν περὶ τιμᾶν δηριαζόμενον κτάνεν ἐν τεμένεϊ φίλωι so auffassen. Das ist insoweit richtig, als er offenbar die Fassung nicht befolgt, nach der Neoptolemos Delphis Schätze plündern wollte. Allein c'est le ton qui fait la musique. Neoptolemos nimmt hier selbst an dem Prügeln um die Fleischstücke teil, und der Gott hatte ihm den Tod als Strafe für den gotteslästerlichen Mord des Priamos zugeschworen. Von diesem Morde schweigt er in Nem. 7 wohlweislich ganz, das andere stellt er durch erneute Erzählung richtig. Gewiß ist er in gutem Glauben gewesen, wenn er versicherte, dem Neoptolemos nicht mit Absicht zu nahe getreten zu sein; aber es war doch gut, daß er zurücknahm, εἴ τι πέραν ἀερθεὶϲ ἀνέκραγεν. Es war sein Recht, von der anerkannten Sage je nach Bedarf diese oder jene Seite zu beleuchten; die Schandtat des Neoptolemos war nun einmal ebenso gut anerkannte Tatsache[2] wie sein Heroengrab in Delphi[3]. Aber die Ägineten waren auch berechtigt, Anstoß zu nehmen, und Pindar hat in späteren Jahren erst ganz gelernt, was er sich hier von seinen Mitbürgern attestieren läßt βίαια πάντ' ἐκ ποδὸϲ ἐρύϲαι. Seine Mythenbehandlung lehrt es.

Wer von den andern, zumal von den Äginetengedichten kommt, wird sich über die Beleuchtung der Geschichte im Päan überhaupt wundern. Zu Ehren des Apollon wird erzählt, daß er Ilion ver-

[1] Vergleichbar Pyth. 11, 37, erläutert Sitzungsber. 1900, 1290.

[2] Namentlich die bildliche Überlieferung bestätigt, daß die Geschichte, so wie sie in der maßgebenden epischen Iliupersis stand, allgemein anerkannt war. Es gab eine Bearbeitung, die den Neoptolemos von der Schändung des Altars entlastete, der sogenannte Lescheos bei Pausanias X 27, 2. Aber sie hat geringe Geltung gehabt und braucht kaum älter als Pindar gewesen zu sein. Ich kann nachweisen, daß das Epos so junge Stücke enthielt.

[3] Die Genesis der Geschichte ist durchsichtig. Weil es an den Theoxenien leicht Prügelei um die Fleischstücke gab, ward erzählt, im Tempel liegt einer begraben, der ist bei solcher Gelegenheit umgekommen und hier beigesetzt, damit sein Geist die Unbotmäßigen bestrafe. Der Mann mußte einen Namen bekommen; da hat man Neoptolemos gewählt. Warum, würde man bei jedem Namen gleichermaßen fragen, wird es also auch hier besser unterlassen. Achill wäre gewiß hübscher gewesen, aber der war nicht zu haben; Neoptolemos war disponibel.

teidigte, Achilleus erschoß, Neoptolemos tötete, den Achäern den Sieg fast unmöglich gemacht hätte. Erzählt wird das in einem Päan; der Chor ruft das heilige Epiphonema. Das Fest ist gegründet bei Gelegenheit einer Hungersnot. Es ist also, sowenig die Theoxenien uns dazu zu passen scheinen, eine Aktion der Fürbitte an einen grollenden Gott. Daher wird die feindliche Stellung des Apollon, wie sie die Ilias gab, ausgemalt und der Tod des Neoptolemos in dieses Licht gestellt. In den Versen 65—70 war die Stiftung des Festes behandelt und der Übergang zu Apollons feindlichen Taten gemacht, die mit καί ποτε 73 begannen. Da war schwerlich Platz um zu begründen, warum die Taten des Gottes so hervorgehoben würden. Folglich war darüber schon in der ersten Triade gehandelt, und es erscheint sehr ansprechend, dasjenige, was ein Mensch nicht finden, aber die Götter glaublich machen können (50), ebendarauf zu beziehen, daß der delphische Heiland auch ein verderblicher Gott sein könne, den es also zu beschwichtigen gelte. Gern würde man das lesen; es ist für Pindar und auch für die delphische Religion nicht unwichtig.

Die beiden Gedichte enthalten nicht viel von wirklicher Poesie. Nur in dem Proömium des Siegesliedes, im Päan, wo Aiginas Ruhm gesungen wird, klingt die echte pindarische Weise, sonst nur in einzelnen Wendungen. Es sind eben Jugendgedichte, und Pindars schwerflüssige Natur ist erst sehr allmählich ihrer selbst Herr geworden. Aber ein individueller Poet ist er immer gewesen, schon in Pyth. 10, und gerade das macht diese Dokumente demjenigen so wertvoll, der es höherschätzt, die Entfaltung eines Individuums mühsam zu begreifen, als die Anmut konventioneller Poesie bequem zu genießen[1].

[1] Als Anhang sei noch der Rest eines Päans an den delischen Apollon erklärt, der im Papyrus unmittelbar vor dem delphischen Päan steht. Erst von der sechsten Strophe ab ist etwas erhalten. »Sie kamen von Athen, besetzten Euboia, besiedelten die Inseln und darunter Delos.« Wer tat das? Von Euboia sagt Ps. Skymnos 572 ἐκ τῆς Ἀττικῆς τὸν Ἐρεχθέως διαβάντα Πάνδωρον κτίσαι πόλιν μεγίστην τῶν ἐν αὐτῆι Χαλκίδα, Αἶκλον δ' Ἐρέτριαν, ὄντ' Ἀθηναῖον γένει, τὴν δ' ἐναλίαν Κήρινθον ὡσαύτως Κόθον. Nach Strabon (Apollodor) 447 gründet Kothos Chalkis, Aiklos Eretria. Lassen wir die Namen beiseite, so bleibt sicher, daß hier Athener Euboia und die Inseln besiedeln, deren Gründer z. B. im Scholion Dionys. Perieg. 525 stehen; die Traditionen wechseln stark. Letzte Strophe: 'Kinder Letos, nehmt mich, euren Diener, und meinen Päan gnädig auf.' Das meint natürlich den Chor, aber das Scholion lautet Πανδώρου Ἐρεχθέως Αἶκλον. Angesichts der Skymnosstelle und der Regel, daß der Vatersname nur mit Artikel in den Casus obliqui beigefügt wird, kann die Emendation Πάνδωρον nicht zweifelhaft sein. Der Scholiast also bezog das ἐμέ auf die vorhergehenden Subjekte. Der Chor war von Euboia gestellt, zu einer Zeit, wo Athens Vorherrschaft galt; das ist zwar seit der Gründung einer Kolonie in Chalkis der Fall, aber in Delos wird dies Bekenntnis erst abgegeben sein, seit Athen auch dort gebot.

Ausgegeben am 26. März.

1908.

XVI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

19. März. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

Hr. Landolt las über die fraglichen Änderungen des Gesammtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper.

Es wurde das Endresultat mehrjähriger Untersuchungen über diesen Gegenstand mitgetheilt, welches dahin lautet, dass sich bei chemischen Umsetzungen eine Änderung des Gesammtgewichtes der betheiligten Körper mit unsern jetzigen experimentellen Hülfsmitteln nicht feststellen lässt. Die auftretenden Abweichungen sind ebenso oft positiv wie negativ und liegen innerhalb der Beobachtungsfehler. Das Ergebniss ist aus 48 Versuchen abgeleitet, welche sich auf 15 verschiedene Reactionen erstrecken.

Untersuchungen über die fraglichen Änderungen des Gesammtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper.

Von H. Landolt.

Dritte Mittheilung.

Einleitung.

1. Die vorliegende Mittheilung bildet den Abschluss meiner mehrjährigen Untersuchungen über die Frage, ob bei der chemischen Umsetzung zweier Körper das Gesammtgewicht derselben völlig constant bleibt oder ob kleine Abweichungen sich erkennen lassen.

Eine erste, im Jahre 1893 veröffentlichte Versuchsreihe[1], welche die auf nassem Wege vorgenommenen Reactionen zwischen 1. Silbersulfat und Ferrosulfat, 2. Jodsäure und Jodwasserstoff, 3. Jod und Natriumsulfit, 4. Chloralhydrat und Ätzkali umfasste, hatte ergeben, dass in keinem dieser Fälle sich eine Gewichtsänderung mit Sicherheit feststellen liess, indem die erhaltenen Abweichungen theils innerhalb der Beobachtungsfehler lagen, theils bei Wiederholungen eines Versuchs mit zwar grösseren Beträgen, aber von entgegengesetztem Vorzeichen auftraten. Eine eigenthümliche Erscheinung hatte sich nur darin gezeigt, dass die Abscheidung von Silber sowie Jod (Reaction 1 und 2) stets von Gewichtsabnahmen begleitet war, ein Verhalten, welches zu weiterer Prüfung aufforderte.

Als mir seit dem Jahre 1901 eine vorzügliche, von A. Rueprecht in Wien construirte Präcisionswaage zur Verfügung stand, nahm ich die Versuche von Neuem auf, theils mit Wiederholung der früher benutzten Reactionen, theils unter Zuziehung anderer. Wie aus dem 1906 veröffentlichten Berichte[2] ersichtlich, wurden wiederum bei der Abscheidung von Silber und Jod, sodann auch bei anderen Umsetzungen ganz vorwiegend Gewichtsabnahmen beobachtet, und zwar 42 mal unter

[1] Sitzungsber. 1893, S. 301—334.
[2] Sitzungsber. 1906, S. 266—298.

54 Einzelversuchen. Die bei der Anwendung von 60 bis 120 *g* Reactionsmasse aufgetretenen Gewichtsänderungen bewegten sich meist zwischen 0.003 und 0.050 *mg* und lagen häufig unterhalb des zu 0.03 *mg* bestimmten maximalen Versuchsfehlers.

Zu gleichen Resultaten war auch A. Heydweiller gelangt, welcher 1901 eine Anzahl ganz ähnlicher Versuche wie die von mir vorgenommenen veröffentlicht[1] hatte. Dieselben bezogen sich namentlich auf die Reactionen zwischen Kupfersulfat und Eisen, Kupfersulfat und Ätzkali sowie Lösungsvorgänge und hatten ebenfalls überwiegend Gewichtsabnahmen (0.02—0.21 *mg*) ergeben, nämlich 19mal unter 21 Versuchen.

Zufolge der Kleinheit vieler erhaltenen Gewichtsverminderungen konnte zunächst vermuthet werden, dass dieselben einfach auf Beobachtungsfehlern beruhen. Jedoch standen hiermit nicht im Einklang die Ergebnisse einer besonderen Reihe von Versuchen, bei welchen die Gefässe mit indifferenten Substanzen statt mit reactionsfähigen gefüllt und dann auf ganz gleiche Weise behandelt wurden wie es bei den letzteren geschehen war. Die jetzt sich zeigenden kleinen Gewichtsänderungen (0.003 bis 0.024 *mg*), bestanden ebenso oft in Zunahmen wie Abnahmen, und das nämliche Verhalten hätte auch bei den chemischen Umsetzungen auftreten müssen, wenn dieselben unter Unveränderlichkeit des Gesammtgewichtes verlaufen, d. h. nur die Versuchs- und Wägungsfehler in Wirkung kommen. Indem dagegen hier vorwiegend Gewichtsverminderungen sich zeigten, liess sich annehmen, dass dieselben trotz ihrer Kleinheit als eine wirklich bestehende Erscheinung aufzufassen sind, welche mit dem Reactionsvorgang in Verbindung steht. Dafür schien auch die Thatsache zu sprechen, dass die Abnahmen nur bei gewissen Umsetzungen in stärkerem Grade auftraten und bei anderen gering waren oder ganz ausblieben.

In der zweiten Abhandlung[2] hatte ich eine Erklärung der Gewichtsabnahmen ausgesprochen, und zwar in Anlehnung an die auf der Umwandlung der radioactiven Elemente fussenden Lehre vom Atomzerfall. Ich vermuthete, dass in Folge der heftigen Erschütterung, welche die Atome bei den chemischen Reactionen erleiden, vielleicht auch bei anderen Elementen als den radioactiven eine Abspaltung kleiner Massetheilchen von noch unbekannter Natur stattfinden kann, und dass diese Emanationen das Vermögen besitzen die Glaswandung der Gefässe zu durchdringen. — Indessen bemerkte ich ausdrücklich, dass immerhin noch eine bis jetzt nicht aufgefundene äussere, d. h.

---

1 Drude's Ann. d. Physik, Bd. 5, S. 394—420 (1901).

2 Sitzungsber. 1906, S. 295, 296.

vom Versuchsverfahren abhängige Ursache vorliegen könne, welche die Gewichtsverminderungen bewirkt, obgleich dies bei der Sorgfalt, mit welcher die Fehlerquellen untersucht worden sind, wenig wahrscheinlich sei.

2. Um zur Klarheit in dieser Frage zu gelangen, war es erforderlich, eine nochmalige Erörterung der möglichen Beobachtungsfehler vorzunehmen, nöthigenfalls unter Anstellung neuer Versuche.

Das Verfahren, welches zur Prüfung der Gewichtsänderungen angewandt worden war, findet sich bereits in den früheren Abhandlungen ausführlich beschrieben; hier dürften folgende Angaben genügen: Zur Vornahme der Versuche dienten grösstentheils ∩förmige Gefässe aus Jenaer Gerätheglas, mit 10 *cm* langen und 5 *cm* weiten Schenkeln, welche oben durch eine gebogene engere Röhre in Verbindung standen. An der letzteren befanden sich seitlich zwei offene Röhrchen, durch die man gewogene Mengen der beiden Reactionssubstanzen in die Schenkel einfüllte und sodann die Öffnungen zuschmolz. Es wurden stets zwei gleiche Apparate *A* und *B* hergestellt und von beiden zunächst das Gewicht sowie das äussere Volum bestimmt, letzteres durch Wägungen unter Wasser von genau gleicher Temperatur[1]. Hierauf brachte man durch Anbringung von Zusatzkörpern, welche theils aus geschlossenen Glasröhrchen, theils aus Platindraht bestanden, die Gefässe so in Übereinstimmung, dass *A* einige Milligramm schwerer war als *B* und der Unterschied im äusseren Volum höchstens 0.03 *ccm* betrug. In diesem Falle konnte die Auftriebscorrection bei Änderung des Luftgewichtes (1.15 bis 1.25 *mg* für 1 *ccm* wasserhaltiger Luft) nur innerhalb des Betrages von 0.003 *mg* schwanken. Nachdem man durch 4 bis 6 an verschiedenen Tagen ausgeführte Präcisionswägungen die genaue Gewichtsdifferenz $A-B$ bestimmt hatte, wurde zuerst in Apparat *A* die Reaction ausgeführt. Zu diesem Zwecke hob man denselben mittelst eines gabelförmigen Instrumentes aus polirtem Stahl aus dem Waagengehäuse heraus und setzte ihn in ein besonderes Metallstativ, welches so construiert war, dass nur an wenigen Punkten Berührung mit dem Glase stattfand. Durch Neigen des Stativs wurden sodann die beiden Substanzen mit einander in Mischung gebracht, und da die Reactionen meist unter Temperaturzunahme verliefen, nahm man zur Verminderung derselben das Umgiessen portionenweise und im Verlauf von 1 bis 3 Tagen vor. Nach dem Zurückbringen des Apparates in die Waage und einigen Tagen Ruhe folgte während einer Woche abermals eine

[1] Mittlerer Fehler einer Einzelbestimmung der Volumdifferenz beider Gefässe $= \pm 0.003$ *ccm*. Siehe § 6, Tab. 5 u. 6.

Anzahl Wägungen zur Bestimmung der jetzigen Gewichtsdifferenz $A - B$. Sodann wurde in gleicher Weise die Reaction in Apparat B und schliesslich die dritte Wägungsreihe vorgenommen. Jeder Versuch war also doppelt. Da A immer schwerer war als B, so musste, wenn die chemische Umsetzung unter Gewichtsverminderung verlief, bei der ersten Versuchshälfte eine Abnahme und bei der zweiten eine Zunahme der Differenz $A - B$ auftreten. Das umgekehrte Verhalten entsprach einer Gewichtsvermehrung.

Bei diesen Versuchen können eine Reihe von Fehlerquellen auftreten, welche theils durch die Glasgefässe, theils durch das Wägungsverfahren erzeugt werden und bereits in den beiden ersten Abhandlungen[1] eingehend erörtert worden sind. Um über ihre Gesammtwirkung ein Urtheil zu erhalten, wurde die schon oben § 1 erwähnte Versuchsreihe[2] ausgeführt, bei welcher man die Gefässe mit indifferenten Substanzen anfüllte und dann den ganz gleichen Operationen und Wägungen unterwarf, wie die mit reactionsfähigen Körpern beschickten. Die bei 19 Versuchen in gleicher Zahl auftretenden positiven und negativen Gewichtsabweichungen lagen in 17 Fällen zwischen 0.002 und 0.017 *mg*. Nur zwei Mal stiegen sie bis zu dem Betrage von 0.023 und 0.024 *mg*, welche Grösse als der maximale Fehler des ganzen Versuchs mit Einschluss der Wägungsfehler betrachtet werden kann. Wird wie in der Abhandlung II[3] vorgeschlagen, die Grenze bis zu

$$\pm 0.030\ mg$$

erweitert, so dürfte vollständige Sicherheit darüber vorliegen, dass, wenn bei einem Versuch eine diesen Betrag überschreitende Gewichtsänderung auftritt, dieselbe nicht mehr von Beobachtungsfehlern herrühren kann.

Neue Versuche über Fehlerquellen.

3. Der Umstand, dass die überwiegende Mehrzahl der Reactionsversuche eine Verminderung des Gesammtgewichtes ergeben hatten, forderte zu einer besonders sorgfältigen Prüfung derjenigen Ursachen auf, welche ein Leichterwerden des in Reaction gesetzten Apparates zur Folge haben müssen. Dies ist der Fall, wenn die in dem Glasgefäss vorgenommene chemische Umsetzung unter Wärmeentwickelung verläuft. Hierdurch wird erstens die Wasserhaut an der äusseren Glasfläche vermindert, und zweitens ist eine Volumvergrösserung des

---

[1] I. Abh. Sitzungsber. 1893, S. 311—315. II. Abh. Sitzungsber. 1906, S. 278 bis 282.

[2] Sitzungsber. 1906, S. 282.

[3] Sitzungsber. 1906, S. 283.

Gefässes zu erwarten, welche verstärkten Luftauftrieb desselben bei der Wägung verursacht. Bringt man den Versuchsapparat wieder in das Waagengehäuse neben das unberührt gebliebene Taragefäss, so wird allmählich die Wasserhaut an dem ersteren sich wieder ergänzen sowie das Volum kleiner werden. Aber es fragt sich, nach welcher Zeit diese Vorgänge ihr Ende erreicht haben und wie weit überhaupt die Rückkehr in den ursprünglichen Zustand erfolgt. In dieser Hinsicht ist früher bei zahlreichen, mit Erwärmung verbundenen Reactionsversuchen immer beobachtet worden, dass das Gewicht des benutzten Gefässes bei den täglichen Wägungen zuerst rasch zunahm und dann vom etwa dritten Tage an bis nach Verlauf einer Woche keine bestimmten Änderungen mehr zeigte. War diese Constanz eingetreten, so nahm ich an, dass die Ausgleichung der beiden Apparate in Bezug auf Wasserhaut und thermische Nachwirkung nunmehr beendigt sei, und betrachtete die Verschiebung der jetzt vorliegenden Gewichtsdifferenz $A-B$ gegen die ursprüngliche als das Resultat des Versuchs.

Zur Prüfung des Wärmeeinflusses hatte ich schon im Jahre 1890[1] Versuche in der Weise angestellt, dass man von zwei ∩-förmigen beladenen Apparaten den einen im Luftbade bis zu Temperaturen erhitzte, wie sie bei den chemischen Reactionen auftreten und nachher einige Tage hindurch wog. Die beobachteten Gewichtsänderungen lagen jedoch innerhalb der gewöhnlichen Wägungsdifferenzen und führten zu keinem sicheren Resultat. Später nahm ich bei den in § 2 erwähnten Bestimmungen des Gesammtversuchsfehlers in mehreren Fällen[2] eine künstliche Erwärmung des Gefässes vor, wobei sich folgende Gewichtsänderungen ergaben:

Versuch Nr.	4	5	10	11	12	13	
	+0.002	−0.007	+0.015	−0.010	−0.023	−0.024	*mg*

Da auch hier sich nur kleine und mit verschiedenen Vorzeichen behaftete Zahlen ergaben, so hatte ich in Abh. II die Ansicht festgehalten, dass die bei den Reactionsversuchen beobachteten Gewichtsabnahmen nicht mit Sicherheit durch die Volumänderungen des Gefässes erklärt werden können. Auch A. Heydweiller[3] war bei seinen Untersuchungen zu derselben Meinung gekommen.

Indessen haftete den bisherigen Versuchen über diese Frage noch eine Unvollständigkeit an, indem die Wägungen meist schon nach

---

[1] Abh. I, Sitzungsber. 1893, S. 325.

[2] In Abh. II 1906, S. 283, Z. 2 v. o. war übersehen worden, dass auch bei den Versuchen Nr. 12 und 13 eine Erwärmung des Gefässes stattgefunden hatte.

[3] Drude's Ann. d. Physik Bd. 5, S. 402, 403 (1901).

Verlauf einiger Tage abgebrochen worden waren, wenn keine wesentlichen Gewichtsänderungen sich mehr zeigten. Da hierbei noch Differenzen gegen das ursprüngliche Gewicht übrig blieben, so war weiter zu untersuchen, ob diese nicht verschwinden, wenn die Wägungen viel längere Zeit fortgesetzt werden. Dem zufolge sind über das Verhalten der Wasserhaut, sowie die thermische Nachwirkung bei grossen Glasgefässen nachstehende Versuche unternommen worden.

A. Verhalten der temporären Wasserhaut.

4. Um ein Urtheil über die Zeitdauer zu erhalten, innerhalb welcher eine verschwundene Wasserhaut sich wieder ersetzt, wurde so verfahren, dass man von zwei Glasgefässen mit gleich grosser Oberfläche, welche erst eine Woche im Waagengehäuse gestanden und deren Gewichtsdifferenz man bestimmt hatte, das eine während zwei Tagen in einen mit concentrirter Schwefelsäure beschickten Exsiccator setzte, und nach dem Zurückbringen in die Waage die allmähliche Gewichtszunahme desselben verfolgte. Versuche über diese Frage haben bereits E. WARBURG und T. IHMORI[1] ausgeführt, und gefunden, dass bei Glasflächen von 30 *qcm* die Bildung der Wasserhaut schon in 10—15 Minuten erfolgt war. Es blieb aber noch das Verhalten grösserer Flächen (von etwa 200 und 400 *qcm*) zu prüfen übrig.

Wie schon in Abh. I[2] und II[3] erwähnt, sind die für sämmtliche Versuche benutzten Glasgefässe vor dem Gebrauch längere Zeit in verdünnter Schwefelsäure und sodann ammoniakhaltigem Wasser liegen gelassen worden, um ihre äussere Oberfläche alkaliärmer und dadurch weniger hygroskopisch zu machen. Auch wurden sie zum Theil mit kochendem Wasser behandelt. Mittels der MYLIUS'schen Jodeosinprobe[4] liess sich sodann an dem Glase kein Alkali mehr nachweisen. Nach Versuchen von IHMORI[5] beträgt bei ausgekochtem Jenenser Glas die auf 100 *qcm* Oberfläche condensirte Wassermenge 0.035 bis 0.068 *mg*; für die nachstehend erwähnten zwei Gefässe, deren Oberfläche 230 und 380 *qcm* betrug, würde sich hiernach das Gewicht der Wasserschichten zu 0.081 bez. 0.133 *mg* berechnen.

Versuch 1. Angewandt zwei ∩-förmige ausgeglichene Gefässe aus Jenaer Gerätheglas, welche im Innern mit Silbersulfat

[1] WIEDEMANN's Ann. d. Phys. **27**, 502 (1886).
[2] Sitzungsber. 1893, S. 307.
[3] Sitzungsber. 1906, S. 275.
[4] Ber. d. D. chem. Gesellsch. **22**, I, 310 (1889). Zeitschr. f. Instrumentenkunde **9**, 59 (1889).
[5] WIEDEMANN's Ann. d. Phys. **31**, 1014 (1887).

und Eisenvitriol nebst Wasser beschickt waren, und später zu dem in § 8 beschriebenen Reactionsversuch dienten,

Gewicht des Gefässes *A* . . . . 478.22 *g* Gewichtsdiff. *A—B* = etwa 4.5 *mg*
Äusseres Volum des Gefässes *A* 416.374 *ccm* Volumdiff. *A—B* = +0.021 *ccm*
Äussere Oberfläche etwa 380 *qcm*.

Wägungsreihe I		Wägungsreihe II			
Anfänglich. Gefässe am 4. April in die Waage gesetzt.		Gefäss *A* 48 St. (18. 19. April) im Schwefelsäure-Exsiccator, am 19. April in die Waage gesetzt.			
Wägungstag 1907	Gewichts-differenz *A—B*	Wägungstag 1907	Verflossene Zeit	Gewichts-differenz *A—B*	Gewichts-änderung des Gefässes *A*
8. April	4.510 *mg*	19. April	3 St.	4.392 *mg*	−0.121 *mg*
9. »	4.517	20. »	1 Tag	4.495	−0.018
10. »	4.508	21. »	2 Tage	× 4.511	−0.002
15. »	4.514	22. »	3 »	× 4.506	−0.007
17. »	4.515	23. »	4 »	× 4.510	−0.003
Mittel:	4.513 *mg*	24. »	5 »	× 4.508	−0.005
Mittlerer Fehler:	±0.002	25. »	6 »	× 4.514	+0.001
Einzelwägung:	±0.004		Mittel:	× 4.510 *mg*	
			Mittlerer Fehler:	±0.002	
			Fehler der Einzelwägung:	±0.003	

Die letzte Columne stellt diejenigen Gewichte dar, welche der Wasserhaut bis zur Erlangung ihres ursprünglichen Gewichtes noch fehlen. Man sieht, dass die Wiederherstellung der Schicht auch bei grossen Gefässen sehr rasch erfolgt und dass schon vom zweiten Tage an die Ausgleichung mit der am unberührten Apparate vorhandenen beendigt ist. Die vom zweiten bis sechsten Tage aufgetretenen Schwankungen liegen nahe dem Wägungsfehler.

Versuch 2. Zu diesem wurden zwei cylindrische Gefässe aus Thüringer Glas unbekannter Herkunft benutzt, welche vorher zu den in § 11 beschriebenen Versuchen über die Elektrolyse von Cadmiumjodidlösung gedient hatten und mit der letzteren Flüssigkeit noch gefüllt waren. Höhe der Cylinder etwa 14 *cm*, Durchmesser 4.5 *cm*.

Gewicht des Cylinders *A* . . . . 380.15. *g* Gewichtsdiff. *A—B* = etwa 3 *mg*
Äusseres Volum des Cylinders *A* 236.718 *ccm* Volumdiff. *A—B* = 0.016 *ccm*
Äussere Oberfläche etwa 230 *qcm*.

Wägungsreihe I		Wägungsreihe II			
Anfänglich. Gefässe am 10. März in die Waage gesetzt.		Gefäss *B* 48 St. (20. 21. März) im Schwefelsäure-Exsiccator, am 21. März in die Waage gesetzt.			
Wägungstag 1907	Gewichtsdifferenz *A–B*	Wägungstag 1907	Verflossene Tage	Gewichtsdifferenz *A–B*	Gewichtsänderung des Gefässes *B*
11. März	2.843 *mg*	22. März	1 Tag	2.885 *mg*	−0.044 *mg*
12. »	2.837	24. »	3 Tage	× 2.844	−0.003
16. »	2.845	26. »	5 »	× 2.839	+0.002
18. »	2.842	27. »	6 »	× 2.833	+0.008
19. »	2.839	28. »	7 »	× 2.837	+0.004
Mittel:	2.841 *mg*	30. »	9 »	× 2.842	−0.001
Mittlerer Fehler:	±0.001			Mittel: × 2.839 *mg*	
Einzelwägung:	±0.003			Mittlerer Fehler: ±0.002	
				Fehler der Einzelwägung: ±0.0045	

Es zeigte sich also wie bei Versuch 1, dass die Wasserhaut sich sehr rasch ergänzte; sie hatte vom dritten, vielleicht zweiten Tage an ihren ursprünglichen Betrag wieder erreicht.

B. Einfluss der Erwärmung.

(Thermische Nachwirkung.)

5. Es handelte sich hier erstens um die Frage, nach welcher Zeit das durch Erwärmung vergrösserte Volum eines Gefässes wieder auf den ursprünglichen Betrag zurückgegangen ist. Obgleich bei Thermometern bekanntlich die thermischen Nachwirkungserscheinungen in vielfacher Hinsicht untersucht worden sind, lassen sich in Bezug auf den zeitlichen Verlauf des Rückganges der Nullpunktsdepression nur wenige Angaben finden. Nach denselben[1] stellte sich bei Thermometergefässen aus Jenaer sowie französischen Gläsern nach der Erhitzung auf 100° das anfängliche Volum schon in 2 bis 3 Tagen, bei solchen aus englischen Gläsern nach 1 Monat erst etwa zur Hälfte wieder ein, und die in den siebziger Jahren aus Thüringer Glas angefertigten Thermometer brauchten hierzu 4 bis 6 Monate. Es war daher ganz ungewiss, wie sich die zu meinen Versuchen aus ganz andern Glassorten hergestellten grossen Gefässe, deren Volum etwa 200 bis 400 *ccm* betrug, verhalten würden.

---

[1] WIEBE, diese Sitzungsber. 1885, 1024. — HOVESTADT, Jenaer Glas S. 270 (1900).

Die zweite Frage betrifft die Grösse des Fehlers, welcher auftritt, wenn nach der Erwärmung die Wägungen zu früh abgebrochen werden. Hierzu hatte, wie früher schon bemerkt, bei vielen Reactionsversuchen der Umstand Veranlassung gegeben, dass schon wenige Tage nach Vornahme der Umsetzung die Wägungen begannen, anscheinend constant zu werden.

Da bei den vorliegenden Untersuchungen nicht die Volumänderungen, sondern die durch dieselben bei den Wägungen verursachten Änderungen des Luftauftriebes in Betracht kamen, so habe ich diese Verhältnisse zunächst mit Hülfe der Waage untersucht. Es wurde in der Weise verfahren, dass man von zwei ausgeglichenen und bezüglich ihrer Gewichtsdifferenz *A—B* bekannten Gefässen das eine auf bestimmte Temperaturen erwärmte und die nach der Abkühlung auftretenden Gewichtsänderungen während mehrerer Wochen verfolgte. Vor dem Versuch blieben die Apparate erst lange Zeit der gewöhnlichen Temperatur ausgesetzt. Zur Erwärmung diente ein mit Wassermantel umgebenes cylindrisches Luftbad aus Kupferblech (innere Höhe 40 *cm*, Durchmesser 40 *cm*), welches oben durch einen mit Thermometer versehenen Deckel verschlossen war, und es wurden die Gefässe mittels eines besondern Stativs in den Hohlraum eingesenkt. Die Stärke und Dauer der Erhitzung ist so bemessen worden, dass sie den bei den Reactionsversuchen auftretenden Verhältnissen nahezu entsprachen.

Versuche I. Mit ∩-Gefässen aus Jenaer Gerätheglas.

Gewicht von *A* . . . . . . 478.22 . *g* Gewichtsdiff. *A—B* = etwa 4.5 *mg*
Äusseres Volum von *A* 416.374 *ccm* Volumdiff. *A—B* = 0.021 *ccm*.

Es waren die nämlichen Gefässe, welche schon zu dem in Abschnitt A (Verhalten der Wasserhaut) beschriebenen Versuch 1 gedient hatten, und die nachstehenden Bestimmungen schlossen sich unmittelbar an jene an. Demzufolge bildete die dort in der Wägungsreihe II erhaltene Mittelzahl jetzt den Ausgangspunkt, und man hatte:

Anfängliche Gewichtsdifferenz *A—B* = 4.510 *mg* ±0.002.

Es wurden zwei verschiedene Erhitzungen des Apparates *A* vorgenommen.

a) Gefäss *A* am 26. und 27. April je 1 Stunde von etwa 18° auf 28° erhitzt (Steigerung 10°) und im Luftbade langsam abkühlen gelassen. Am 28. April in die Waage gesetzt.

Tabelle Nr. 1.

I	II	III	IV
Wägungstag 1907	Verflossene Zeit nach der Erhitzung	Gewichts-differenz $A-B$	Gewichts-änderung des Gefässes A
29. April	2 Tage	4.482 *mg*	—0.028 *mg*
30. »	3 »	4.493	—0.017
1. Mai	4 »	× 4.500	×—0.010
3. »	6 »	× 4.497	×—0.013
6. »	9 »	× 4.503	×—0.007
7. »	10 »	4.508	—0.002
14. »	17 »	4.514	+0.004
	Mittel:	× 4.500 *mg*	—0.010 *mg*

Man sieht aus Col. III, dass am 2. und 3. Wägungstage die Differenz $A—B$ rasch zunahm, was nach den im vorhergehenden Abschnitt gemachten Erfahrungen von der Wiederherstellung der Wasserhaut herrühren wird. Sodann blieb vom 4.—9. Tage das Gewicht des erhitzt gewesenen Apparates nahezu constant ($A—B$ = 4.500 *mg*), aber immer noch kleiner als das ursprüngliche (4.510), und erst vom 10. Tage an schien das letztere erreicht zu sein.

Da bei diesem Versuch die Gewichtsänderungen in Folge der geringen Erwärmung nur wenig hervortraten und innerhalb der gewöhnlichen Wägungsschwankungen lagen, so wurde nunmehr eine stärkere Erhitzung vorgenommen.

b) Gefäss A am 15. Mai 1 Stunde von 18° auf 57°—60° erwärmt (Steigerung etwa 40°) und der langsamen Abkühlung im Luftbade überlassen. Am 16. Mai in die Waage gesetzt.

Tabelle Nr. 2.
Anfängliche Differenz $A—B$ = 4.510 *mg*.

I	II	III	IV
Wägungstag 1907	Verflossene Zeit nach der Erhitzung	Gewichts-differenz $A-B$	Gewichts-änderung des Gefässes A
17. Mai	2 Tage	4.418 *mg*	—0.092 *mg*
22. »	7 »	4.450	—0.060
23. »	8 »	× 4.467	—0.043
24. »	9 »	× 4.464	—0.046
27. »	12 »	× 4.470	—0.040
28. »	13 »	× 4.471	—0.039
1. Juni	17 »	×× 4.511	+0.001
4. »	20 »	×× 4.513	+0.003
6. »	22 »	×× 4.521	+0.011
8. »	24 »	×× 4.509	—0.001
10. »	26 »	×× 4.515	+0.005
	Mittel:	× 4.468 *mg*	—0.042 *mg*
	»	×× 4.514	+0.004

Es ergiebt sich aus Col. III, dass, wenn man die Wägungen nach dem 8. bis 13. Tage, wo sie ziemlich constant blieben, abgeschlossen hätte, das Resultat des Versuchs eine Gewichtsverminderung von 4.510—4.468 = 0.042 *mg* gewesen wäre. Erst die Wägungsgruppe vom 17.—26. Tage (Mittel 4.514 *mg*) hat auf das ursprüngliche Gewicht (4.510) geführt.

Versuche 2. Cylindrische Gefässe aus Thüringer Glas.

Gewicht des Cylinders *A* . . . 380.15 . *g* Gewichtsdiff. *A—B* = etwa 3 *mg*
Äusseres Volum des Cylinders *A* 236.718 *ccm* Volumdiff. *A—B* = 0.016 *ccm*

Die nämlichen Gefässe hatten unmittelbar vorher zu dem in § 4 (Verhalten der Wasserhaut) beschriebenen Versuch 2 gedient. Das dort in der Wägungsreihe II erhaltene Mittel für die Gewichtsdifferenz der Apparate bildete somit den Ausgangspunkt für die folgenden Bestimmungen. Hiernach hat man:

Anfänglich *A—B* = 2.839 *mg* ±0.002.

Da die Versuche ausgeführt wurden mit Bezug auf die früher mit denselben Gefässen vorgenommenen Prüfungen der Gewichtsänderungen, welche bei der Elektrolyse von Cadmiumjodidlösung (§ 11) sich zeigten, so waren die Temperatursteigerungen auf gleiche Höhe zu treiben, wie sie bei jenen aufgetreten sind. Dieselben betrugen je nach der Dauer der Erhitzung 20°—30°.

a) Gefäss *B* an 3 Tagen (2., 3., 4. April) im Luftbade 2 Stunden von etwa 18° auf 40° erhitzt (Steigerung 22°) und sodann durch Herausnehmen rasch abkühlen gelassen. Am 5. April in die Waage gesetzt.

Tabelle Nr. 3.
Anfängliche Differenz *A—B* = 2.839 *mg*.

I	II	III	IV
Wägungstag 1907	Zeit nach der Erhitzung	Gewichts-differenz *A—B*	Gewichts-änderung des Apparates *B*
6. April	2 Tage	2.913 *mg*	—0.074 *mg*
7. »	3 »	2.894	—0.055
11. »	7 »	× 2.860	—0.021
12. »	8 »	× 2.859	—0.020
16. »	12 »	× 2.852	—0.013
17. »	13 »	× 2.857	—0.018
20. »	16 »	2.846	—0.007
23. »	19 »	×× 2.842	—0.003
26. »	22 »	×× 2.844	—0.005
29. »	25 »	×× 2.840	—0.001
	Mittel:	× 2.857 *mg*	—0.018 *mg*
	»	×× 2.842	—0.003

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass vom 7. bis 13. Tage, wo die Differenz $A - B$ sich sehr wenig änderte, die Volumvergrösserung des Gefässes noch derart war, dass dessen Gewicht um (2.839 — 2.857) 0.018 *mg* zu klein erhalten wurde. Das ursprüngliche Gewicht war erst etwa vom 19. Tage an nahezu erreicht.

b) Apparat B nochmals an 3 Tagen (29., 30. April, 1. Mai) je zwei Stunden im Luftbade von 17° auf 74° (Steigerung 30°) erhitzt und darin langsam abkühlen gelassen. Am 2. Mai in die Waage gesetzt.

Tabelle Nr. 4.

Anfängliche Differenz $A - B = 2.842$ *mg*.

I	II	III	IV
Wägungstag 1907	Zeit nach der Erhitzung	Gewichts-differenz $A-B$	Gewichts-änderung des Apparates B
3. Mai	2 Tage	2.945 *mg*	−0.103 *mg*
4. »	3 »	2.912	−0.070
5. »	4 »	2.906	−0.064
6. »	5 »	2.897	−0.055
11. »	10 »	× 2.861	−0.019
12. »	11 »	× 2.865	−0.023
14. »	13 »	× 2.860	−0.018
18. »	17 »	2.850	−0.008
22. »	21 »	×× 2.841	+0.001
24. »	23 »	×× 2.838	+0.004
26. »	25 »	×× 2.845	−0.003
30. »	29 »	×× 2.837	+0.005
	Mittel:	× 2.862 *mg*	−0.020 *mg*
	»	×× 2.840	+0.002

Die durch Verminderung der Differenz $A - B$ sich kennzeichnende Gewichtszunahme des Gefässes B ging hier, wie im vorhergehenden Versuch, sehr langsam von statten. Dies ist namentlich der Fall zwischen dem 10. bis 13. Tage, und wenn hier die Wägungen abgebrochen worden wären, würde als Resultat eine Gewichtsverminderung von 2.862 — 2.842 = 0.020 *mg* anzunehmen gewesen sein. Es finden aber noch weitere Änderungen bis zum 21. Tage statt, von welchem an das ursprüngliche Gewicht erreicht ist.

6. Den Einfluss der Erwärmung habe ich ferner durch Untersuchung der Änderungen des Volums der Glasgefässe zu verfolgen gesucht, und zwar mit Hülfe hydrostatischer Wägungen. Die Ausführung geschah auf die Weise, dass man die betreffenden zwei Gefässe erst in Luft, sodann nach einander in Wasser von genau gleicher Temperatur wog, und hieraus ihre Volumdifferenz berechnete.

Nachdem man den einen Apparat in dem oben § 5 erwähnten Luftbade erhitzt hatte, wurden die hydrostatischen Wägungen einige Wochen fortgesetzt. Die gewählten Gefässe wurden in nicht ausgeglichenem Zustande angewandt. Die benutzte hydrostatische Waage liess Milligramme bestimmen.

Versuch 1. ∩-Gefässe aus Jenaer Gerätheglas.

Volum von Gefäss *A* bei 18.25° etwa 406.1 *ccm* }
» » » *B* » 18.25° » 403.8 » } Differenz etwa 2.3 *ccm*.

Gefäss *A* am 24. und 25. Juni 2 Stunden von 19° auf 39° erhitzt. Steigerung 20°. Langsame Abkühlung im Luftbade.

Tabelle Nr. 5.

I	II	III	IV	V	VI	VII
Vor der Erhitzung		Nach der Erhitzung				
Wägungstag 1907	Volumdifferenz $A-B$	Wägungstag 1907	Tage nach der Erhitzung	Volumdifferenz $A-B$	Abweichung vom urspr. Volum 2.345	Wägungsfehler durch Luftauftrieb
12. Juni	2.348 *ccm*	26. Juni	1	2.380 *ccm*	+0.035 *ccm*	−0.042 *mg*
14. »	2.345	28. »	3	× 2.370	+0.025	−0.030
21. »	2.346	29. »	4	× 2.363	+0.018	−0.022
24. »	2.342	1. Juli	6	× 2.365	+0.020	−0.024
Mittel:	2.345 *ccm*	8. »	13	2.349	+0.004	−0.005
Mittl. Fehler:	±0.001	16. »	21	2.340	−0.005	+0.006
Einzelbest.:	±0.0025	19. »	24	2.339	−0.006	+0.007
			Mittel:	× 2.366 *ccm*	+0.021 *ccm*	−0.025 *mg*

Zwischen dem 3. bis 6. Tage nach der Erwärmung würde, wie aus Col. VII ersichtlich, das Gefäss bei der Wägung noch um 0.025 *mg* zu leicht erscheinen. Der Rückgang auf das ursprüngliche Volum ist nach etwa dem 13. Tage eingetreten.

Versuch 2. Cylindrische Gefässe aus Thüringer Glas.

Vorher zu den in § 5 erwähnten Versuchen benutzt.

Volum von Gefäss *A* etwa 236.4 *ccm* }
» » » *B* » 233.7 » } Differenz etwa 2.7 *ccm*.

Gefäss *A* am 7. Juni im Luftbade 1 Stunde von 19° auf 59° erhitzt. (Steigerung 40°.) Langsame Abkühlung.

Tabelle Nr. 6.

I	II	III	IV	V	VI	VII
Vor der Erhitzung		Nach der Erhitzung				
Wägungstag 1907	Volumdifferenz $A-B$	Wägungstag 1907	Verflossene Tage	Volumdifferenz $A-B$	Abweichung vom urspr. Volum 2.728	Wägungsfehler durch Luftauftrieb
31. Mai	2.729 *ccm*	8. Juni	1	2.756 *ccm*	+0.028 *ccm*	—0.034 *mg*
1. Juni	2.732	10. »	3	2.746	+0.018	—0.022
3. »	2.721	11. »	4	2.737	+0.009	—0.011
4. »	2.727	14. »	7	2.740	+0.012	—0.014
6. »	2.731	17. »	10	2.735	+0.007	—0.008
Mittel:	2.728 *ccm*	19. »	12	2.730	+0.002	—0.002
Mittl. Fehler:	±0.002	21. »	14	2.732	+0.004	—0.005
Einzelbest.:	±0.004	25. »	18	2.725	—0.003	+0.004
		29. »	22	2.729	+0.001	—0.001
		8. Juli	31	2.724	—0.004	+0.005
		10. »	33	2.730	+0.002	—0.002
		16. »	39	2.729	+0.001	—0.001

Mittel der Volumbestimmungen vom 3.—7. Tag:	2.741 *ccm*	+0.013 *ccm*	—0.016 *mg*
» » » » 10.—14. » :	2.732	+0.004	—0.005
» » » » 18.—39. » :	2.727	—0.001	+0.001

7. Die Ergebnisse sämmtlicher Versuche über die Wirkung der Erwärmung sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

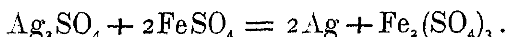
Abtheilung	Art der Gefässe	Siehe Tabelle Nr.	Dauer und Höhe der Temperatursteigerung	Ursprüngl. Gewicht erreicht nach:	Werden nach dem Erhitzen die Wägungen vorgenommen zwischen dem:	so ergiebt sich die Gewichtsänderung zu niedrig um:
I	∩-Gefässe Jenaer	1	2mal 1 St. um 10°	10 Tagen	4.—9. Tag	0.010 *mg*
	Gerätheglas	5	2 » 2 » » 20	13 »	3.—6. »	0.025
	Volum 416 *ccm*	2	1 » 1 » » 40	17 »	8.—13. »	0.042
II	Cylindrische Gefässe	3	3mal 2 St. um 22°	19 Tagen	7.—13. Tag	0.018 *mg*
	Thüringer Glas	4	3 » 2 » » 30	21 »	11.—14. »	0.020
	Volum 237 *ccm*	6	1 » 1 » » 40	18 »	3.—7. »	0.016

Durch Benutzung dieser in der letzten Columne enthaltenen Correctionen werden manche der früher häufig beobachteten Gewichtsabnahmen sich verkleinern oder in Resultate mit positivem Vorzeichen übergehen[1].

[1] Die vielen oft über 0.1 *mg* betragenden Gewichtsabnahmen, welche A. HEYDWEILLER (DRUDE's Ann. d. Physik 5, S. 394, 1901) beobachtet hat, dürften vielleicht davon herrühren, dass, wie aus seinen Angaben ersichtlich, die Wägungen schon am nächsten Tage nach Ausführung der Reaction begonnen und meist nur drei Tage fortgesetzt wurden.

Wiederholungen früherer Reactionsversuche.

Silbersulfat und Ferrosulfat.



$$Ag_2SO_4 + 2FeSO_4 = 2Ag + Fe_2(SO_4)_3.$$

8. Die abermalige Prüfung dieser Reaction war deshalb wünschenswerth, weil mehrere der früheren Versuche Gewichtsverminderungen ergeben hatten, welche die bei anderen Umsetzungen aufgetretenen weit überstiegen.

Zu dem neuen Doppelversuch dienten zwei ∩-Gefässe aus Jenaer Gerätheglas. Sie wurden in folgender Weise beschickt:

Schenkel 1:	57.8 *g* Ag_2SO_4	+ 185 *g* Wasser	=	142.8 *g*
» 2:	110.0 $FeSO_4 . 7aq$	+ 133 »	=	143.0
Stöchiom. erforderlich:	102.8 »	»	=	56.3 *g* $FeSO_4$.

Somit hatte man:

Vor der Reaction:	57.8 *g* Ag_2SO_4	+ 56.3 *g* $FeSO_4$
Nach » » :	40.0 Ag	+ 74.1 $Fe_2(SO_4)_3$.

Die Ausgleichung der beiden Apparate geschah durch folgende Zusatzkörper:

Apparat *A*	Gewicht	Volum
Gefülltes Gefäss ...	472.617 *g*	416.113 *ccm*
Platindraht	5.604	0.261
	478.221 *g*	416.374 *ccm*

Apparat *B*	Gewicht	Volum
Gefülltes Gefäss ...	472.723 *g*	405.836 *ccm*
3 Glashohlkörper ..	4.869	10.267
1 Glasstäbchen	0.625	0.250
	478.217 *g*	416.353 *ccm*

Gewichtsdiff. *A*—*B* = etwa 4 *mg* Volumdiff. *A*—*B* = 0.021 *ccm*

Erste Versuchshälfte. Reaction in Apparat *A*.

Vor der Reaction		Nach der Reaction			
Wägungstag 1907	Gewichts-differenz *A—B*	Wägungstag 1907	Anzahl Tage nach der Reaction	Gewichts-differenz *A—B*	Gewichts-änderung des Apparates *A*
12. Juni	4.586 *mg*	22. Juni	2	4.564 *mg*	—0.021 *mg*
13. »	4.584	23. »	3	4.568	—0.017
15. »	4.577	25. »	5	× 4.571	—0.014
16. »	4.587	27. »	7	× 4.575	—0.010
18. »	4.592	30. »	10	× 4.572	—0.013
Mittel:	4.585 *mg*	2. Juli	12	4.569	—0.016
Mittlerer Fehler:	±0.002	6. »	16	×× 4.578	—0.007
Reaction am 19. und 20. Juni vorgenommen		9. »	19	×× 4.586	+0.001
		13. »	23	×× 4.593	+0.008
		18. »	28	×× 4.595	+0.010
		24. »	34	×× 4.583	—0.002
		30. »	40	×× 4.593	+0.008
			Mittel:	× 4.573 *mg*	—0.012 *mg*
			»	×× 0.588	+0.003
			Mittlerer Fehler:	±0.002	

Zweite Versuchshälfte. Reaction in Apparat *B*.

Da diese zwei Monate später als die erste ausgeführt wurde, musste die anfängliche Differenz *A—B* von Neuem bestimmt werden. In Folge starker Temperaturschwankungen des Zimmers fielen die Wägungen weniger übereinstimmend aus als bei der ersten Versuchshälfte.

Vor der Reaction		Nach der Reaction			
Wägungstag 1907	Gewichts-differenz *A—B*	Wägungstag 1907	Anzahl Tage nach der Reaction	Gewichts-differenz *A—B*	Gewichts-änderung des Apparates *B*
3. October	4.616 *mg*	14. October	2	4.630 *mg*	—0.032 *mg*
5. »	4.588	15. »	3	4.622	—0.024
7. »	4.580	18. »	6	× 4.607	—0.009
9. »	4.600	20. »	8	× 4.614	—0.016
11. »	4.606	22. »	10	× 4.613	—0.015
Mittel:	4.598 *mg*	26. »	14	×× 4.594	+0.004
Mittlerer Fehler:	±0.006	31. »	19	×× 4.604	—0.006
Reaction am 11. und 12. October ausgeführt.		4. November	23	×× 4.596	+0.002
		10. »	29	×× 4.616	—0.018
		13. »	32	×× 4.620	—0.022
			Mittel:	× 4.611 *mg*	—0.013 *mg*
			Mittlerer Fehler:	±0.002	
			Mittel:	×× 4.606	—0.008
			Mittlerer Fehler:	±0.005	

Die beiden Beobachtungsreihen unterscheiden sich von den in früheren Jahren ausgeführten dadurch, dass die Wägungen viel längere Zeit fortgesetzt wurden, und zwar mit Rücksicht auf das in den vorigen Kapiteln erörterte Verhalten der Glasgefässe. Wie besondere Versuche erwiesen, tritt zwar bei der Reaction zwischen Silbersulfat und Ferrosulfat nur eine geringe Temperaturerhöhung ein, welche kaum 2° beträgt, wenn die oben angegebenen Gewichtsmengen der Substanzen portionenweise gemischt werden. Indessen zeigt sich in der ersten Tabelle unverkennbar ein allmähliches Steigen der Differenz *A—B*, und wenn man, wie früher gebräuchlich, die Wägungen nicht über eine Woche ausdehnt, würden die am 5., 7., 10. Tage aufgetretenen nahe übereinstimmenden Werthe (Mittel 4.573 *mg*) zu dem Ergebniss einer Gewichtsabnahme des Apparates *A* um 4.573—4.585 = —0.012 *mg* führen. Das Resultat gestaltet sich aber anders durch die späteren vom 16. Tage an erhaltenen Zahlen, aus welchen die Gewichtsänderung von 4.588—4.585 = +0.003 *mg* folgt. Die zweite Versuchshälfte liefert ebenfalls bei den späteren Wägungen (19. bis 32. Tag) einen etwas kleineren Werth (—0.008 *mg*) als bei den zwischen dem 6. bis 10. Tage vorgenommenen (—0.013 *mg*).

Somit sind die Resultate

der Reaction in Apparat *A*: +0.003 *mg*
» » » » *B*: —0.008 »

also völlige Gewichtsconstanz.

9. Alte Versuche. Die früher in Abth. I[1] und Abth. II[2] mitgetheilten Prüfungen der Reaction zwischen Silbersulfat und Ferrosulfat theilen sich in zwei Gruppen:

a) Versuche, welche verhältnissmässig kleine Gewichtsänderungen lieferten. Zu denselben waren kleine ∩-Gefässe von etwa 400 *ccm* Volum und die neue Rueprecht'sche Waage benutzt worden.

Versuch Nr.	Ausführungszeit	Abgeschiedenes Silber	Reaction in Gefäss	Gewichts-änderung
1	Oct.-Nov. 1903	31.2 *g*	*A*	—0.035 *mg*[3]
2	März 1905	24.2	*A*	—0.042
3	» »	»	*B*	—0.029

(Bei Nr. 2 und 3 war die innere Glasfläche der Gefässe mit einer Paraffinschicht bekleidet.)

[1] Sitzungsber. 1893, S. 315—319.
[2] Sitzungsber. 1906, S. 285.
[3] In der Sitzungsber. 1906, S. 285 gegebenen Tabelle steht bei Versuch Nr. 4 in Folge eines Druckfehlers 0.085 *mg*.

Diese Zahlen übersteigen den maximalen Versuchsfehler von 0.030 *mg* nur wenig; sie dürften nach den im § 8 gemachten Erfahrungen sich noch um nahezu 0.01 *mg* erniedrigen, da die Wägungen, wie bei allen früheren Versuchen, nicht genügend lange ausgedehnt worden waren. Man hat dann als Resultate: 1. Versuch —0.025, 2. —0.032, 3. —0.019 *mg*.

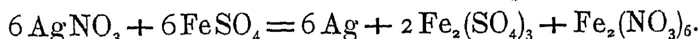
b) Versuche, deren Ergebniss eine grosse Gewichtsabnahme im Betrage von 0.068 bis 0.167 *mg* war. Es sind folgende:

Versuch Nr.	Ausführungszeit	Abgeschiedenes Silber	Reaction in Gefäss	Gewichtsänderung
1	October 1890	40.0 *g*	*A*	—0.167 *mg*
2	» »	»	*B*	—0.131
3	Jan.-Febr. 1892	60.0	*B*	—0.130
4	Jan.-Febr. 1905	24.2	*A*	—0.103
5	» » »	»	*B*	—0.068

Die aus dem Jahre 1890 stammenden Versuche Nr. 1 und 2[1] gehören zu den ersten, welche bei der ganzen Untersuchung vorgenommen wurden, und es hatten zu denselben grosse ∩-Gefässe von etwa 800 *ccm* äusserem Volum und die in Abh. I[2] beschriebene alte RUEPRECHT'sche sowie die STÜCKRATH'sche Waage gedient. Ebenso bei Nr. 3. Unter diesen Verhältnissen waren erstens die durch Wasserhaut und Volumänderung der Gefässe entstehenden Fehler ohne Zweifel erheblich grösser als nach § 7 bei den kleinen ∩-Röhren von 400 *ccm* Volum, und zweitens ebenso die Wägungsfehler. Die Bestimmung des Gesammtversuchsfehlers mit Hülfe indifferenter Substanzen ist früher versäumt worden, und gegenwärtig lässt sich dies nicht mehr nachholen, weil die mir jetzt allein zur Verfügung stehende neue RUEPRECHT'sche Waage das Einsetzen der grossen ∩-Gefässe nicht erlaubt. Jedenfalls wird derselbe den für die kleinen Gefässe festgestellten Betrag von 0.03 *mg* übersteigen. — Das Gesagte gilt auch für die obigen Versuche Nr. 4 und 5, zu welchen 0förmige Apparate mit Vacuummantel[3] von 600 *ccm* äusserem Volum gedient hatten.

In Folge dieser Unsicherheiten, welche den erwähnten fünf Versuchen anhaften, dürfte es rathsam sein, dieselben im weiteren unberücksichtigt zu lassen.

Silbernitrat und Ferrosulfat.



$$6\,AgNO_3 + 6\,FeSO_4 = 6\,Ag + 2\,Fe_2(SO_4)_3 + Fe_2(NO_3)_6.$$

10. Über diese Reaction, welche sich an die vorhergehende anschliesst, ist Folgendes zu bemerken.

---

[1] Sitzungsber. 1893, S. 315—319. [2] Sitzungsber. 1893, S. 308, 309.
[3] Abh. II., Sitzungsber. 1906, S. 274.

Es waren von mir ausgeführt worden:

a) Drei alte Versuche mit grossen ∩-Röhren von etwa 800 *ccm* äusserem Volum.

Versuch Nr.	Ausführungszeit	Abgeschiedenes Silber	Reaction in Gefäss	Gewichts-änderung
1	Oct.-Nov. 1899	63.5 *g*	*A*	−0.199 *mg*
2	» » »	»	*B*	−0.137
3	Januar 1900	63.5	*A*	−0.079

Da die Versuche unter gleichen Verhältnissen vorgenommen wurden, wie sie oben § 9, Gruppe b vorkamen, so gelten die dort erhobenen Bedenken auch hier. Ich glaube daher diese Beobachtungen als nicht sicher weglassen zu müssen.

b) Zwei neuere Versuche mit kleinen ∩-Gefässen von 400 *ccm* Volum: Neue Rueprecht'sche Waage.

Versuch Nr.	Ausführungszeit	Abgeschiedenes Silber	Reaction in Gefäss	Gewichts-änderung
1	April-Mai 1902	16.5 *g*	*A*	+0.003 *mg*
2	» » »	»	*B*	−0.003

Bei diesen Versuchen war die Innenseite der Gefässe mit einer Schicht von Paraffin überzogen, ein Verfahren, welches, wie in Abh. II[1] erwähnt, deshalb einige Male angewandt wurde, weil sich im früheren Verlauf der Arbeit die Glaswandungen nicht selten als undicht erwiesen hatten. Die mehrmals beobachtete abschwächende Wirkung dieser Paraffinschicht kann vielleicht davon herrühren, dass sie als schlechter Wärmeleiter die Übertragung der Reactionswärme auf die Glaswandung vermindert. In dem vorliegenden Falle betrug übrigens die Temperatursteigerung des Gefässinhaltes bei langsamer Mischung der Substanzen nur 2°—3°. Somit bedürfen die obigen Zahlen keiner Correction, und es kommt ihnen in Folge der besseren Versuchsverhältnisse ohne Zweifel mehr Vertrauen zu, als den in Gruppe *a* erwähnten Beobachtungen. Als Resultat kann somit gänzliches Gleichbleiben des Gewichts angenommen werden.

Die Reaction zwischen Silbernitrat und Ferrosulfat ist neuerdings auch von A. Lo Surdo[2] nach dem gleichen Verfahren wie dem von mir angewandten geprüft worden. Die Menge des abgeschiedenen Silbers war 40 *g*, und die mit zwei ∩-Gefässen erhaltenen Gewichtsänderungen betrugen:

+0.006 und +0.011 *mg*.

[1] Sitzungsber. 1906, S. 275.

[2] Nuovo Cimento. Serie V, Vol. 12 (1906).

Diese Zahlen liegen unterhalb des zu 0.02 *mg* bestimmten Versuchsfehlers und sprechen demnach ebenfalls für völlige Gewichtsconstanz.

Elektrolyse einer wässerigen Lösung von Cadmiumjodid mittels Wechselstrom und Gleichstrom.

11. In Abh. II[1] wurde bereits kurz auf diesen Gegenstand eingegangen. Wie dort angegeben, bestanden die angewandten elektrolytischen Gefässe aus geschlossenen Glascylindern, welche in concentrischer Stellung zwei röhrenförmig gebogene Platinbleche (Höhe 9 *cm*, Durchmesser 3.5 und 2.5 *cm*) enthielten, von denen Platindrähte durch die Glaswandung nach aussen führten. Die einander zugekehrten Oberflächen der beiden Elektroden betrugen 99 und 71 *qcm*. Zwei gleiche Apparate wurden mit concentrirter Jodcadmiumlösung gefüllt, welche in 100 *ccm* 40 *g* Salz enthielt, und der noch eine kleine Menge Jod zugesetzt war. Nach dem Zuschmelzen der Öffnung und Ausgleichung des Gewichtes sowie äusseren Volums der beiden Gefässe mittels Zusatzkörpern aus Glas und Platin hatte man:

Apparat *A*	Gewicht	Volum bei 17.50°
Gefülltes Gefäss..........	378.263 *g*	236.630 *ccm*
Platindraht (Dichte 21.5)...	1.895	0.088
	380.158 *g*	236.718 *ccm*
Apparat *B*	**Gewicht**	**Volum bei 17.50°**
Gefülltes Gefäss..........	378.086 *g*	233.578 *ccm*
Hohlkörper aus Glas......	1.760	3.110
Platindraht..............	0.309	0.014
	380.155 *g*	236.702 *ccm*
Somit *A—B*:	etwa 3 *mg*	0.016

Zur Wägung wurden die Apparate in zwei gleich schwere (86.650 *g*) Stative aus polirtem Messing gestellt, wodurch die Schalenbelastung auf etwa 466.80 *g* stieg. Der Transport der Gefässe geschah stets sammt ihren Stativen, und zwar mit Hülfe zweier an den letzteren angebrachten Hacken, welche mittels einer polirten Stahlgabel sich anfassen liessen. Zu den Präcisionswägungen diente ausschliesslich die neue Rueprecht'sche Waage.

Die Elektrolyse der Jodcadmiumlösung wurde auf drei Arten vorgenommen:

a) mittels raschen Wechselstroms. Hierzu benutzte man, wie schon in Abh. II bemerkt, einen zweipoligen Gleichstrommotor,

[1] Sitzungsber. 1906, S. 290.

von dessen Überwickelung zwei Punkte mit Schleifringen verbunden waren, an denen der Wechselstrom abgenommen wurde. Die Zahl der Umdrehungen betrug etwa 1500 in der Minute (1 Umdrehung in 0.04 Sec.). Die Stromstärke wurde stets auf 3 Amp. reducirt.

b) mittels langsamen Wechselstroms. Bei einem zuerst unter Anwendung des raschen Wechselstromes eingeführten Versuch (Nr. 1 der nachfolgenden Tabelle) hatte sich keine Gewichtsänderung des behandelten Apparates ergeben. Da die Ursache vielleicht darin liegen konnte, dass der Stromwechsel gegenüber der Zeitdauer der Reaction zu schnell erfolgte, wurde zur Anwendung eines in grösseren Intervallen commutirten Gleichstromes übergegangen. Der dazu hergestellte rotirende Commutator war ähnlich der von Le Blanc und Schick[1] gebrauchten Vorrichtung. Er bestand aus einer Hartgummischeibe, deren Peripherie an zwei gegenüber liegenden Quadranten mit Metallstreifen belegt waren, von denen durch Schleifcontacte der Strom abgeleitet wurde, während die Zuführung desselben auf die beiden durch die Scheibe isolirten Seiten der Drehungsachse erfolgte. Als Motor hatte sich am besten ein kleines oberschlächtiges Wasserrad von 20 *cm* Durchmesser bewährt, welches man über Nacht gehen lassen konnte. Die Geschwindigkeit wurde so regulirt, dass der Commutator in 2 Secunden 1 Umdrehung machte, wobei 2 mal Stromschluss und 2 mal Unterbrechung von je $\frac{1}{2}$ Secunde Dauer stattfand. Die Zeit der elektrolytischen Wirkung betrug demnach die Hälfte der Rotationsdauer des Commutators. Der von einer Accumulatorenbatterie gelieferte Strom wurde auf die Intensität von 3 Amp. reducirt, Spannung 4 bis 5 Volt. Bei dem langsamen Verlauf der Elektrolyse war stets auf der jeweiligen anodischen Platinplatte ein schwärzlicher Anflug von Jod sichtbar, welcher beim Gegenstromstoss wieder verschwand. Die Dauer der Stromwirkung schwankte, wie aus den nachfolgenden Tabellen ersichtlich, zwischen 5 und 110 Stunden, jedoch wurde die Behandlung meist auf mehrere Tage vertheilt, um eine zu anhaltende Erwärmung des elektrolytischen Glasgefässes zu vermeiden. Wie besondere, am Schlusse der Versuche vorgenommene Prüfungen zeigten, bei welchen durch die geöffnete Spitze der Gefässe ein Thermometer in die Flüssigkeit eingesenkt wurde, fand bei 2 stündiger Elektrolyse eine Temperatursteigerung von anfänglich 18° auf etwa 28° und nach 6—8 Stunden auf höchstens 48° statt, somit Zunahme um etwa 30°.

c) mittels Gleichstroms. Derselbe wurde von einer Accumulatorenbatterie geliefert unter Abschwächung der Stromstärke auf 1 bis $1\frac{1}{2}$ Amp. Spannung 4 Volt.

---

[1] Zeitschr. f. physikal. Chemie 46, 213 (1903).

Die angestellten Versuche, von welchen Nr. 1 im Physikalisch-Chemischen Institut der Universität, Nr. 2—9 in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgeführt worden waren, folgen nunmehr in chronologischer Ordnung.

Versuch Nr. 1 (Januar 1906).

Versuch Nr.	Behandlung der Apparate	Wägungstag 1906	Tage nach der Behandlung	Gewichtsdifferenz $A-B$
	Vor der Elektrolyse	8. Januar	—	3.138 *mg*
		10. "	—	3.152
		12. "	—	3.151
		13. "	—	3.138
		14. "	—	3.146
				3.145 *mg* ±0.003
1	Apparat A am 15., 16. und 17. Januar erst 30 St. (mit Nachtbetrieb), dann nach 14 stündiger Unterbrechung nochmals 10 St. dem raschen Wechselstrom ausgesetzt. 3 Amp. Dauer der Elektrolyse 40 St.	22. Januar	5	3.142 *mg*
		23. "	6	3.153
		25. "	8	3.139
		27. "	10	3.141
		29. "	12	3.130
				3.141 *mg* ±0.004

Versuche Nr. 2 und 3 (Juli, August 1906).
Nach einander ausgeführt.

Versuch Nr.	Behandlung der Apparate	Wägungstag 1906	Tage nach der Behandlung	Gewichtsdifferenz $A-B$
	Vor der Elektrolyse	13. Juli	—	2.894 *mg*
		14. "	—	2.897
		16. "	—	2.880
		17. "	—	2.889
				2.890 *mg* ±0.004
2	Apparat A vom 17. bis 20. Juli täglich etwa 2 St. dem langsamen Wechselstrom ausgesetzt. 3 Amp. 4 Volt. Gesammtdauer d. Behandlung 10 St. Dauer der Stromwirkung 5 St.	23. Juli	3	2.882 *mg*
		24. "	4	2.884
		25. "	5	2.863
		26. "	6	2.875
				2.876 *mg* ±0.005
3	Apparat A nochmals vom 27. Juli bis 1. Aug. täglich etwa 8 St. dem langsamen Wechselstrom ausgesetzt. 3 Amp. 4 Volt. Gesammtdauer d. Behandlung 40 St Dauer der Stromwirkung 20 St.	3. Aug.	2	2.858 *mg*
		4. "	3	2.847
		6. "	5	2.857
		7. "	6	2.846
		8. "	7	2.842
				2.850 *mg* ±0.003

Versuche Nr. 4 bis 9 (October 1906 bis März 1907). Nach einander ausgeführt.

Versuch Nr.	Behandlung der Apparate	Wägungstag 1906/07	Tage nach der Behandlung	Gewichtsdifferenz $A-B$
	Vor der Elektrolyse	23. October	—	2.902 *mg*
		25. »	—	2.903
		26. »	—	2.899
		27. »	—	2.894
		30. »	—	2.902
		31. »	—	2.898
				2.900 *mg* ±0.001
4	Apparat *A* dem langsamen Wechselstrom in der Zeit vom 1. bis 12. November täglich einige Stunden ausgesetzt. 3 Amp. Dauer der ganzen Behandlung 36 St. Stromwirkung 18 St.	14. Novbr.	2	2.800 *mg*
		16. »	4	2.842
		17. »	5	2.865
		19. »	7	2.876
		20. »	8	× 2.884
		21. »	9	× 2.889
		22. »	10	× 2.904
		23. »	11	× 2.892
		24. »	12	× 2.883
				× 2.890 *mg* ±0.004
5	Apparat *B* dem langsamen Wechselstrom in der Zeit vom 26. November bis 4. December täglich einige Stunden ausgesetzt. 3 Amp. Dauer der ganzen Behandlung 50 St. Stromwirkung 25 St.	7. Decbr.	3	2.922 *mg*
		8. »	4	2.917
		10. »	6	× 2.897
		11. »	7	× 2.908
		13. »	9	× 2.885
		17. »	13	× 2.910
		29. »	25	× 2.880
				× 2.896 *mg* ±0.006
6	Apparat *B* nochmals dem langsamen Wechselstrom in der Zeit vom 2. bis 8. Januar 1907 bei Tage sowie Nacht einige Stunden ausgesetzt. 3 Amp. Dauer der ganzen Behandlung 110 St. Stromwirkung 55 St.	10. Januar	2	2.938 *mg*
		11. »	3	2.923
		14. »	6	× 2.899
		15. »	7	× 2.910
		16. »	8	× 2.903
		18. »	9	× 2.891
		19. »	10	× 2 897
				× 2.900 *mg* ±0.003
7	Apparat *B* mit Gleichstrom von 1.2 Amp. am 20. Januar 1 St. lang behandelt. Abgeschieden nach Rechnung: 2.52 *g* Cd 5.68 *g* J	22. Januar	2	2.945 *mg*
		24. »	4	2.940
		26. »	6	2.924
		28. »	8	× 2.915
		29. »	9	× 2.906
		30. »	10	× 2.913
		2. Februar	13	× 2.908
		4. »	15	× 2.903
				× 2.909 *mg* ±0.002

Versuch Nr.	Behandlung der Apparate	Wägungstag 1907	Tage nach der Behandlung	Gewichtsdifferenz $A-B$
8	Apparat *A* dem langsamen Wechselstrom vom 4. bis 15. Februar, theilweise mit Nachtbetrieb, ausgesetzt. 3 Amp. Dauer der ganzen Behandlung 220 St. Stromwirkung 110 St.	22. Februar	7	2.860 *mg*
		23. »	8	2.869
		25. »	10	2.875
		26. »	11	2.877
		27. »	12	2.864
				2.869 *mg* ±0.003
9	Apparat *A* mit Gleichstrom von 1 Amp. am 2. bis 7. März täglich 1 bis 2 St. behandelt. Gesammtdauer 9 St. Abgeschieden nach Rechnung: 18.86 *g* Cd 42.62 *g* J	11. März	4	2.851 *mg*
		12. »	5	2.847
		16. »	9	2.853
		18. »	11	2.851
		19. »	12	2.848
				2.850 *mg* ±0.001

Aus diesen Beobachtungen ergeben sich folgende Gewichtsänderungen:

In der Tabelle enthält Col. III die Gesammtdauer der mit mehrfachen Unterbrechungen vorgenommenen Elektrolyse. Die Zahlen der Col. IV geben an, dass die Wägungen zwischen dem n^{ten} und n_1^{ten} Tage nach Ausführung der Elektrolyse stattfanden. Die mittleren Wägungsfehler der Differenzen $A-B$ schwankten zwischen ±0.001 und 0.006 *mg*.

I	II		III	IV	V	VI
Versuch Nr.	Gefäss	Behandlung	Gesammtdauer der Elektrolyse	Wägungstage nach der Elektrolyse	Gewichtsdifferenz $A-B$	Gewichtsänderung
		anfänglich	—	—	3.145 *mg*	
1	*A*	rascher Wechselstrom ..	40 St.	n n_1 5—12	3.141	—0.004 *mg*
		anfänglich	—	—	2.890	
2	*A*	langsamer Wechselstrom	5 »	3—6	2.876	—0.014
3	*A*	langsamer Wechselstrom	20 »	2—7	2.850	—0.026
		anfänglich	—	—	2.900	
4	*A*	langsamer Wechselstrom	18 »	8—12	2.890	—0.010
5	*B*	langsamer Wechselstrom	25 »	6—25	2.896	—0.006
6	*B*	langsamer Wechselstrom	55 »	6—10	2.900	—0.004
7	*B*	Gleichstrom	1 »	8—15	2.909	—0.009
8	*A*	langsamer Wechselstrom	110 »	7—12	2.869	—0.040
9	*A*	Gleichstrom	9 »	4—12	2.850	—0.019

Diese Beobachtungen sind sämmtlich in früherer Zeit ausgeführt worden als die in § 5 und 6 beschriebenen, mit denselben Gefässen vorgenommenen Versuche über die Fehler, welche durch die Erwärmung des Glases verursacht werden können. Wie aus der früher, § 7 Abth. II, gegebenen Tabelle ersichtlich, ist die in Folge der Volumvergrösserung des Gefässes entstehende Gewichtsabnahme erst nach 18 bis 21 Tagen verschwunden, und wenn die Wägungen zwischen etwa dem 3. bis 12. Tage nach der Erhitzung vorgenommen werden, fällt die Gewichtsänderung um 0.016 bis 0.020 *mg* zu niedrig aus. Da diese Correction sich nicht stark beeinflusst zeigte durch die angewandte Dauer und Höhe der Temperatursteigerung, so kann für dieselbe im Mittel 0.018 *mg* gesetzt werden.

Aus der obigen Tabelle Col. IV zeigt sich nun, dass die Wägungen mit Ausnahme von Nr. 5 *B* alle in zu kurzer Zeit nach der Strombehandlung vorgenommen wurden, indem sie durchschnittlich zwischen den 3. und etwa 12. Tag fallen. Die Zunahme der Temperatur der Flüssigkeit war in Folge der mehrfachen Unterbrechungen der Elektrolyse sehr schwankend, stieg aber, wie schon früher angegeben, auch bei langer Behandlung nicht über 30°. Da somit nahezu die gleichen Verhältnisse vorlagen, unter welchen die § 7 erwähnte Correction (0.016, 0.018, 0.020 *mg*), und zwar mit Anwendung des nämlichen Glasgefässes, bestimmt worden war, so ist es angezeigt, von derselben Gebrauch zu machen und die Versuchsresultate um den Mittelwerth 0.018 *mg* zu erhöhen.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse geordnet bezüglich der Stromart und ferner der Dauer der Stromwirkung (Col. II), nebst den daraus abgeleiteten Gewichtsmengen Jod (Col. III), auf welche sich der elektrolytische Vorgang erstreckt hat. Die Berechnung der letzteren Zahlen basirt darauf, dass ein Strom von 1 Amp. Stärke in 1 Stunde 4.025 *g* Ag = 4.735 *g* J abscheidet. Col. IV enthält die direct gefundenen Gewichtsänderungen und Col. V die mit der oben bemerkten Correction versehenen.

I	II	III	IV	V
Versuch Nr.	Stromdauer	In Reaction getretenes Jod	Gewichtsänderungen direct beobachtet	Gewichtsänderungen mit Correction +0.018
		Wechselstrom. 3 Amp.		
2	5 St.	71.0 *g*	−0.014 *mg*	+0.004 *mg*
4	18 »	255.7	−0.010	+0.008
3	20 »	284.1	−0.026	−0.008
5	25 »	355.1	−0.006	+0.012
1	40 »	568.2	−0.004	+0.014
6	55 »	781.3	−0.004	+0.014
8	110 »	1562.6	−0.040	−0.022

I	II	III	IV	V
Versuch Nr.	Stromdauer	In Reaction getretenes Jod	Gewichtsänderungen direct beobachtet	mit Correction +0.018
		Gleichstrom		
7	1 St. 1.2 Amp.	5.68 *g*	—0.009 *mg*	+0.009 *mg*
9	9 » 1 »	42.62	—0.019 .	—0.001

Wie aus Col. IV hervorgeht, führten die directen Versuchsresultate sämmtlich zu negativen Zahlen, und es konnte daher wie früher bei anderen Reactionen die Vermuthung auftauchen, dass die Gewichtsabnahmen trotz ihres geringen Betrages als wirklich bestehend anzusehen seien. Durch Anbringung der Correction (Col. V) haben nun aber mehrere der Zahlen ein positives Vorzeichen erhalten, und es characterisiren sich dieselben jetzt als gewöhnliche Versuchsschwankungen, wie sie eintreten würden, wenn die Reaction ganz ohne Gewichtsänderung verläuft. Da ausserdem die Änderungen sich nicht proportional der Stromdauer bez. den in Reaction getretenen Jodmengen erweisen, so kann mit Bestimmtheit behauptet werden, dass bei der Elektrolyse von Cadmiumjodidlösung das Gewicht völlig constant bleibt.

Correctionen älterer Reactionsversuche.

12. Die Abhandlungen I und II enthalten die Resultate einer Anzahl von weiteren Versuchen, deren Beobachtungselemente wegen ihres grossen Umfanges in den in Aussicht genommenen vollständigen Bericht über die ganze Untersuchung verwiesen werden müssen. Wie hier hervorzuheben ist, kam es bei den betreffenden Wägungen meist vor, dass dieselben zu bald nach Ausführung der Reaction vorgenommen wurden, und in den Fällen, wo die letztere eine stärkere Erwärmung des Gefässes bewirkte, fallen die Resultate den in § 7 aufgestellten Correctionen anheim, d. h. die Zahlen werden sich um einen gewissen Betrag erhöhen. Zur Feststellung dieser Grössen war es nöthig, die bei den verschiedenen Reactionen auftretenden Temperatursteigerungen annähernd zu bestimmen, und dies ist nachträglich geschehen. Hierzu wurden dieselben Gewichtsmengen der betreffenden Substanzen nebst Wasser, wie sie früher bei den Versuchen Verwendung fanden, in ∩-Röhren gebracht, deren obere Öffnungen behufs Einführung von Thermometern erweitert worden waren. Nach Bestimmung der Anfangstemperatur verfuhr man theils in der Weise, dass durch Horizontallegung des Gefässes ein langsames Mischen des Inhaltes beider Schenkel stattfand, theils indem man durch Schütteln die Reaction etwas beschleunigte.

Kupfersulfat und Eisen.



$$Fe + CuSO_4 = Cu + FeSO_4.$$

13. Die Reaction ist, wie in Abh. II[1] angegeben, zuerst von A. HEYDWEILLER[2] geprüft worden. Er erhielt keine bestimmte Gewichtsänderung (—0.026 und +0.019 *mg*), wenn der angewandte Kupfervitriol möglichst neutral war; dagegen traten erhebliche Abnahmen (0.097 bis 0.217 *mg*) ein, im Falle die Lösung nur eine kleine Menge Alkali oder Schwefelsäure enthielt. — A. LO SURDO[3] hatte dagegen bei Anwendung alkalihaltiger Lösung gar keine Gewichtsänderung beobachtet[4].

Bei den folgenden von mir angestellten Versuchen waren 15 *g* Eisen (bei Nr. 1 und 2 Klaviersaitendraht, bei Nr. 3 und 4 Ferrum limatum) und 70 *g* Kupfervitriol nebst 190 g Wasser in die ∩-Gefässe eingefüllt worden. Zu Versuch 1 und 2 diente mehrfach umkrystallisirtes säurefreies Kupfersalz, bei Nr. 3 und 4 wurde dessen Lösung mit einigen Tropfen Natronlauge versetzt. Die Prüfung der während der Reaction auftretenden Temperatursteigerung der Flüssigkeit ergab, dass dieselbe bei Anwendung von Eisendraht 10° bis 12°, mit Eisenpulver 15° bis 20°, höchstens 25° betrug. Nach der früher in § 7 Abth. I gegebenen Tabelle dürfte im ersten Falle die Correction von 0.010 *mg*, im zweiten von 0.025 *mg* den Verhältnissen am nächsten entsprechen. Die Versuche hatten ergeben:

Versuch Nr.	Kupfervitriollösung	Zeit der Ausführung	Reaction in Apparat	Gewichtsänderung direct gefunden	Gewichtsänderung corrigirt (1 u. 2) +0.010 (3 u. 4) +0.025
1	neutral	1902. Oct.-Nov.	*A*	—0.004 *mg*	+0.006 *mg*
2	»	» »	*B*	—0.022	—0.012
3	alkalihaltig	1904. Febr.-März	*A*	—0.024	+0.001
4	»	» »	*B*	—0.028	—0.003

[1] Sitzungsber. 1906, S. 269.

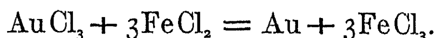
[2] DRUDE's Ann. d. Phys. 5, 404—414 — 1901.

[3] Nuovo Cimento Ser. V, Vol. 8 — 1904.

[4] In seiner Mittheilung über die Reaction zwischen Silbersulfat und Ferrosulfat (Nuovo Cimento Ser. V, Vol. 12 — 1906) macht LO SURDO ausführlich auf einen Irrthum aufmerksam, welcher in meiner Abh. II (Sitzungsber. 1906, S. 287) vorkommt. Nachdem ich gefunden hatte, dass bei der Reduction von neutralem Kupfersulfat durch Eisen nur eine kleine Gewichtsänderung stattfindet, ist dort bemerkt, dass dieses Resultat in Übereinstimmung mit denjenigen von HEYDWEILLER und LO SURDO stehe. Die letztere Angabe beruht auf einem Versehen, indem LO SURDO nicht säurefreie, sondern alkalihaltige Kupfervitriollösung angewandt hatte. Er fand hierbei keine Gewichtsänderung, während HEYDWEILLER, wie oben bemerkt, in diesem Falle starke Abnahme betrachtet hatte.

Die corrigirten Gewichtsänderungen, welche jetzt nicht mehr alle negativ, sondern zum Theil positiv sind und gänzlich in die Versuchsfehler fallen, sprechen somit für völlige Gewichtsconstanz bei dieser Reaction.

Goldchlorid und Eisenchlorid.



$$AuCl_3 + 3FeCl_2 = Au + 3FeCl_3.$$

14. Die Temperaturerhöhung bei dieser Reaction betrug in Folge der angewandten starken Verdünnung (244 *g* der Gesammtmischung enthielten 12.03 *g* Gold) kaum 1°, und der in Abh. II[1] erwähnte Versuch, welcher —0.009 *mg* ergeben hatte, bedarf daher keiner Correction.

Jodsäure und Jodwasserstoff.



$$HJO_3 + 5HJ = 6J + 3H_2O.$$

15. Über diese Reaction liegen zunächst folgende alte Versuche vor:

Nr.	Zeit der Ausführung	Abgeschiedenes Jod	Reaction in Gefäss	Gewichtsänderung
1	1890. Jan.-März	64.9 *g*	*A*	—0.047 *mg*
2	» » »	»	*B*	—0.114
3	1891. Febr.-März	80.0	*A*	—0.103
4	» » »	»	*B*	—0.102
5	1891. Mai-Juni	160.0	*A*	—0.177
6	» » »	»	*B*	—0.011

Gegen diese unter Benutzung grosser ∩-Gefässe von 800 *ccm* Volum und mittels der WESTPHAL'schen und alten RUEPRECHT'schen Waage ausgeführten Versuche ergaben sich dieselben Bedenken, welche § 9 bezüglich der unter den nämlichen Verhältnissen vorgenommenen Reaction zwischen Silbersulfat und Eisenvitriol ausgesprochen worden sind. Eine Correction derselben ist, wie dort schon bemerkt, nicht möglich. Da die Unsicherheit der Zahlen auch deutlich aus den grossen Schwankungen derselben (0.011 bis 0.177 *mg*) hervorgeht, dürfte es wohl das Richtigste sein, auf dieselben ganz zu verzichten.

Zuverlässiger sind ohne Zweifel die folgenden Versuche, welche sämmtlich mit kleinen ∩-Gefässen und der neuen RUEPRECHT'schen Waage ausgeführt worden sind. Aber auch bei diesen liegt der früher so oft begangene Fehler der zu baldigen Ausführung der Wägungen nach Abschluss der Reaction vor. Ein Versuch über die

---

[1] Sitzungsber. 1906, S. 287.

auftretende Temperaturerhöhung, bei welchem der eine Schenkel des ∩-Gefässes mit 18 *g* Jodsäure, 100 *g* Wasser und 60 *g* Schwefelsäure, der andere mit 87 *g* Jodkalium und 91 *g* Wasser beladen worden war, ergab ein Steigen des Thermometers um etwa 15° bei sehr langsamer und 21° bei rascherer Mischung. In den meisten Fällen wird die Erwärmung 18° bis 20° betragen haben, und es lässt sich deshalb nach § 7 der Correctionswerth +0.025 *mg* anwenden. Die Resultate sind dann folgende:

Nr.	Zeit der Ausführung	Abgeschiedenes Jod	Reaction in Gefäss	Gewichtsänderung	
				gefunden	corrigirt +0.025
1	1901. October	43.3 *g*	*A*	−0.120 *mg*	−0.095 *mg*
2	» »	»	*B*	−0.098	−0.073
3	1904. Jan.-Febr.	64.9	*A*	−0.004	+0.021
4	1904. October	»	*A*	−0.019	+0.006
5	» »	»	*B*	−0.033	−0.008
6	1905. December	54.0	*A*	−0.083	−0.058
7	» »	»	*B*	−0.053	−0.028

Die Versuche lassen sehr erhebliche Schwankungen erkennen; auch nach Anbringung der Correction übersteigen die Beobachtungen Nr. 1, 2 und 6 den maximalen Versuchsfehler von 0.030 *mg*. Ich bin geneigt, die zwei ersten Versuche zu streichen, weil sie die ersten gewesen sind, bei welchen die damals soeben erhaltene neue Rueprecht'sche Waage in Anwendung kam und ich mit derselben noch wenig eingeübt war. Auch hatte zu jener Zeit das Waagenzimmer noch nicht genügende Einrichtungen zur Erhaltung constanter Temperatur. Von den Beobachtungen Nr. 3 bis 7 übersteigt dann nur noch Nr. 6 den maximalen Versuchsfehler, und da die Resultate jetzt theils positiv, theils negativ sind, darf wohl der Schluss gezogen werden, dass auch diese Reaction ohne Gewichtsänderung verläuft.

Jod und Natriumsulfit.

16. Über diese Reaction liegen zunächst zwei neue Versuche[1] unter Anwendung von Hydrosulfit vor, bei welchen die beiden Körper in dem Verhältniss von $2\,J:NaHSO_3$ angewandt wurden, und zwar in kleinen ∩-Gefässen. Die Resultate lassen sich corrigiren auf Grund der Beobachtung, dass bei langsamem Mischen von 80 *g* Jod + 200 *g* Wasser mit 124 *g* krystallisirtem Natriumsulfit + 156 *g* Wasser eine Temperatursteigerung von 10° eintrat. Nach der Tabelle I in § 7 beträgt dann die Correction + 0.010 *mg*, und man hat:

[1] Sitzungsber. 1906, S. 289.

Versuch Nr.	Ausführungszeit	Angewandtes Jod	Gewichtsänderung in Gefäss *A*	
			gefunden	corrigirt
1	1901. Oct.-Nov.	50 *g*	−0.021 *mg*	−0.011 *mg*
2	1902. Febr.-März	80	−0.034	−0.024

Ferner sind folgende Versuche aus früherer Zeit vorhanden, zu welchen grosse ∩-Gefässe und die alten Waagen gedient hatten. Abh. I[1].

Versuch Nr.	Ausführungszeit	Angewandtes Jod	Reaction in Gefäss	Gewichtsänderung gefunden
1	1890. Juli-Aug.	90 *g*	*A*	+0.105 *mg*
2	» »	»	*B*	−0.031
3	1891. Aug.	110 *g*	*A*	+0.002
4	» Dec.	»	*B*	−0.127

Von diesen 4 Versuchen dürfen Nr. 1 und 4 gestrichen werden, da sie unwahrscheinlich grosse Werthe gaben und sich übrigens auch aufheben. An Nr. 2 und 3, welche mit den beiden Beobachtungen der oberen Gruppe im Einklang stehen, wäre eine erhöhende Correction anzubringen, deren Werth sich aber nach § 9 nicht angeben lässt. Indessen würde dieselbe ohne Bedeutung sein, da ohnehin aus den gesammten Versuchen sich unzweifelhaft ergiebt, dass eine Gewichtsänderung nicht stattfindet.

Bei den folgenden Reactionen:

17. ***Uranylnitrat und Kaliumhydroxyd*** (Abh. II[2]).



$$2UO_2(NO_3)_2 + 6KOH = K_2U_2O_7 + 4KNO_3 + 3H_2O.$$

18. ***Chloralhydrat und Kaliumhydroxyd*** (Abh. I[3]).



$$C_2H_3Cl_3O_2 + KOH = CHCl_3 + KCHO_2 + H_2O$$

finden, wenn die bei den Versuchen angewandten Gewichtsmengen der betreffenden Körper gemischt werden, so geringe Temperaturzunahmen statt, dass die früher mitgetheilten Resultate ohne Correction in die nachstehend § 20 gegebene Zusammenstellung aller Beobachtungen aufzunehmen sind.

Lösungsvorgänge.

19. Da der Lösungsprocess der Salze in Wasser von Temperaturerniedrigung begleitet ist, so wird erstens eine Volumverminde-

[1] Sitzungsber. 1893, S. 324—327.
[2] Sitzungsber. 1906, S. 290.
[3] Sitzungsber. 1893, S. 327.

rung des Glasgefässes eintreten und zweitens die Wasserhaut auf der Aussenfläche sich verstärken. Beides bewirkt eine Gewichtszunahme.

Bei den vielen Versuchen[1], welche über die Lösung von Salzen angestellt wurden, zeigte sich, dass die anfängliche, oft bis zu 0.3 *mg* betragende Gewichtsvermehrung binnen ein oder zwei Tagen in Folge Rückganges der Wasserhaut verschwand. Die weiter fortgesetzten Wägungen liessen sodann in den Differenzen $A-B$ keine bestimmte Änderung mehr erkennen, und lagen meist dem ursprünglichen Werth sehr nahe. Die Temperaturerniedrigung während des Lösungsprocesses fiel immer sehr gering aus, da der letztere langsam in der Weise vollzogen wurde, dass man das ∩-Gefäss horizontal legte und dann während 48 Stunden der Ruhe überliess. Bei besonderen Prüfungen mit den angewandten Salzen liess sich nur ein Sinken des Thermometers um 2° bis 5° beobachten. Die Anbringung einer Correction bezüglich der Volumänderung (Contraction) der Gefässe fiel daher fort, und es konnten die in Abh. II[2] mitgetheilten Versuchsresultate, betreffend die Lösungen von Chlorammonium, Bromkalium, Uranylnitrat + 6 aq und Chloralhydrat direct in die nachstehende Tabelle § 20 aufgenommen werden; ebenso das Resultat des in Abh. II[3] beschriebenen Versuchs der Ausfällung von Kupfervitriol aus seiner wässerigen Lösung durch Alkohol.

Schlussergebnisse.

20. In der nachfolgenden Tabelle sind die sämmtlichen Beobachtungen zusammengestellt. Col. IV enthält die directen Versuchsresultate, und Col. V die mit Correctionen versehenen, soweit solche nach den in den vorhergehenden Capiteln gegebenen Erörterungen sich anbringen liessen.

	I	II	III	IV	V
Nr.	Art der Reaction	Jahr der Ausführung	Verweis auf:	Gewichtsänderung direct beobachtet	Gewichtsänderung mit Correction
1	Silbersulfat und Ferrosulfat	1903	§ 9. Vers. *A*	−0.035 *mg*	−0.025 *mg*
2		1905	» »	−0.042	−0.032
3		»	» »	−0.029	−0.019
4		1907	§ 8. Vers. *A*	−0.012	+0.003
5		»	» » *B*	−0.010	−0.008

[1] Sitzungsber. 1906, S. 293.

[2] Sitzungsber. 1906, S. 293. Die in der dortigen Tabelle unter Nr. 5 gegebene Beobachtung (+0.078 *mg*) ist wegen ihrer grossen Abweichung von allen anderen Zahlen weggelassen worden.

[3] Sitzungsber. 1906, S. 294.

	I	II	III	IV	V
Nr.	Art der Reaction	Jahr der Ausführung	Verweis auf:	Gewichtsänderung direct beobachtet	mit Correction
6	Silbernitrat	1902	§ 10. Vers. b	+0.003 *mg*	+0.003 *mg*
7	und Ferrosulfat	»	» »	−0.003	−0.003
8	Goldchlorid und $FeCl_2$	1903	§ 14. —	−0.009	−0.009
9	Eisen	1902	§ 13. Vers. 1	−0.004 *mg*	+0.006 *mg*
10	und	»	» » 2	−0.022	−0.012
11	Kupfersulfat	1904	» » 3	−0.024	+0.001
12		»	» » 4	−0.028	−0.003
13	Jodsäure	1904	§ 15. Vers. 3	−0.004 *mg*	+0.021 *mg*
14	und	»	» » 4	−0.019	+0.006
15	Jodwasserstoff	»	» » 5	−0.033	−0.008
16		1905	» » 7	−0.053	−0.028
17	Jod	1890	§ 16. Vers. II 2	−0.031 *mg*	−0.031 *mg*
18	und	1891	» » II 3	+0.002	+0.002
19	Natriumsulfit	1901	» » I 1	−0.021	−0.011
20		1902	» » I 2	−0.034	−0.024
21	Uranylnitrat	1905	§ 17. Sitz.-B.	+0.006 *mg*	+0.006 *mg*
22	und Kaliumhydroxyd	»	1906. 290	+0.002	+0.002
23	Chloralhydrat	1991	§ 18. Sitz.-B.	+0.012 *mg*	+0.012 *mg*
24	und Kaliumhydroxyd	»	1893. 327	+0.007	+0.007
25	Elektrolyse	1906	§ 11. Vers. 2	−0.014 *mg*	+0.004 *mg*
26	von	»	» » 4	−0.010	+0.008
27	Cadmiumjodid	»	» » 3	−0.026	−0.008
28		»	» » 5	−0.006	+0.012
29		»	» » 1	−0.004	+0.014
30		1907	» » 6	−0.004	+0.014
31		»	» » 8	−0.040	−0.022
32		»	» » 7	−0.009	+0.009
33		»	» » 9	−0.019	−0.001
	Lösungsvorgänge				
34	Ch締ammonium. Wasser	1902	§ 19. Sitz.-B.	−0.024 *mg*	−0.024 *mg*
35	» »	»	1906. 293	−0.002	−0.002
36	» »	»	» »	+0.008	+0.008
37	» »	»	» »	+0.005	+0.005
38	» »	»	» »	+0.017	+0.017
39	» »	1903	» »	−0.008	−0.008
40	» »	»	» »	+0.019	+0.019
41	» »	»	» »	−0.033	−0.033
42	Bromkalium. Wasser	1902	» »	−0.038	−0.038
43	Uranylnitrat. Wasser	1905	» »	+0.009	+0.009
44	» »	»	» »	−0.010	−0.010
45	» »	»	» »	−0.004	−0.004
46	Chloralhydrat. Wasser	1891	1893. 329	−0.003	−0.003
47	Kupfersulfatlösung	1902	1906. 294	−0.017	−0.017
48	und Alkohol	»	» »	+0.016	+0.016

Aus dieser Tabelle lässt sich Folgendes ersehen:

Betrachtet man zunächst die in Col. IV gegebene Liste der directen Versuchsergebnisse, so fällt vor Allem das überwiegende Auftreten des — Zeichens in die Augen, und zwar sind von den 48 Zahlen 36 (75 Procent) damit behaftet, während das + Zeichen nur 12 mal erscheint. Dieses Verhalten hatte ich schon in der 1906 erschienenen Abh. II[1] auf Grund des damals vorhandenen Beobachtungsmaterials hervorgehoben, und demnach »die Abnahme des Gesammtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper als die normale Erscheinung bezeichnet«.

Bringt man aus den directen Versuchsresultaten die Correctionen an, so wechselt in Folge der Kleinheit der Zahlen bei manchen das Vorzeichen, und es treten nun in Col. V wesentlich andere Verhältnisse zu Tage. Erstens zeigen jetzt von den 48 Versuchen 25 (53 Procent) Abnahme und 23 Zunahme des Gewichts. Betrachtet man zweitens die Zahlen hinsichtlich ihrer Grösse, so zeigt sich, dass fast alle unterhalb des für das ganze Arbeitsverfahren festgestellten maximalen Versuchsfehlers von ±0.030 *mg* (s. § 2) bleiben, und dieser nur in wenigen Fällen (Nr. 2. 17. 41. 42) um sehr geringe Beträge überschritten wird. Die genannten zwei Erscheinungen sind nun genau diejenigen, welche auftreten, wenn man die Versuche mit nichtreactionsfähigen Substanzen ausführt, wie dies auch die in Abh. II[2] beschriebenen Beobachtungen erwiesen haben.

Das Schlussresultat der ganzen Arbeit kann demnach nur dahin lauten, dass bei allen vorgenommenen 15 chemischen Umsetzungen eine Änderung des Gesammtgewichtes der Körper sich nicht hat feststellen lassen. Die beobachteten Abweichungen von der völligen Gewichtsgleichheit beruhen auf äusseren physikalischen Ursachen und sind nicht durch die chemische Reaction veranlasst.

Damit bin ich wieder zu dem gleichen Ergebniss gelangt, welches sich schon in meiner ersten Abhandlung[3] vom Jahre 1893 auf Grund der damaligen Versuche ausgesprochen findet, und zu dem auch die zwar nur wenige Reactionen umfassenden Beobachtungen[4] von Kreichgauer, Sanford und Ray, Lo Surdo und Balfour Stewart geführt hatten. Da keine Aussicht vorhanden sein dürfte, die Genauigkeit der Versuche noch weiter zu steigern, als es bis dahin möglich war, so kann jetzt wohl die Frage über die Änderung des Gesammtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper, und hiermit überhaupt die Prüfung des Gesetzes der Erhaltung der Materie experimentell für erledigt erklärt werden. Sollten wirklich Abweichungen bestehen, so liegen

[1] Sitzungsber. 1906, S. 295.
[2] Sitzungsber. 1906, S. 283.
[3] Sitzungsber. 1893, S. 333. Siehe oben § 1.
[4] Sitzungsber. 1893, S. 308; 1906, S. 268—272.

dieselben jedenfalls unterhalb der hundertstel oder tausendstel Milligramme. Bei einer noch viel kleineren Grössenordnung (Milliontel *mg*) würden sie in den Kreis der Betrachtungen fallen, welche M. PLANCK in seiner Abhandlung[1]: »Zur Dynamik bewegter Systeme« angestellt hat. Sie entziehen sich dann aber der experimentellen Prüfung.

Der von mir und den anderen Beobachtern erbrachte Nachweis der Gewichtsconstanz ist von Bedeutung für die Entscheidung der Frage, ob die Atomgewichte der chemischen Elemente völlig unveränderliche Grössen sind oder nicht. In dieser Hinsicht dürfte nach der jetzigen Sachlage nicht mehr zu befürchten sein, dass bei der Bestimmung des Atomgewichtes eines Elements aus verschiedenen Verbindungen desselben stets etwas abweichende Zahlen auftreten werden, wie dies der Fall sein könnte, wenn die Reactionen von Gewichtsänderungen begleitet wären. Es liegt gegenwärtig wohl kein Grund mehr vor, an der völligen Constanz der Atomgewichte zu zweifeln.

Wenn auch Untersuchungen der vorliegenden Art viel Mühe erfordern und wenig lohnend erscheinen, so müssen sie doch als nothwendig bezeichnet werden. Zur Unterstützung dieser Ansicht lassen sich die folgenden Worte anführen, welche Prof. TH. W. RICHARDS in der Eröffnungsrede zu seinen während des Sommersemesters 1907 an der Berliner Universität gehaltenen Vorlesungen ausgesprochen hat[2]: »Die Frage, ob die angeblichen Constanten der physikalischen Chemie in Wirklichkeit Constanten sind, oder innerhalb kleiner Grenzen schwanken, ist von weitgehendem Interesse und hervorragender Wichtigkeit für die wissenschaftliche Chemie im besonderen sowie für die Naturphilosophie im allgemeinen. Wenn die letztere der beiden Möglichkeiten wahr ist, dann müssen die Umstände, welche jede Änderung begleiten, mit der grössten Genauigkeit bestimmt werden, um den Endgrund ihres Auftretens aufzufinden.« Ich hoffe, im Sinne dieser Forderung verfahren zu haben.

Damit schliesse ich diese Arbeit, welche mich während 9 Jahren beschäftigte und zu deren Ausführung ich von Seiten der Akademie sowie der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt eine sehr dankenswerthe Unterstützung gefunden hatte. Da das Beobachtungsmaterial wegen seines grossen Umfanges in den bis jetzt veröffentlichten drei Abhandlungen nur sehr unvollständig aufgenommen werden konnte, so scheint mir noch eine zusammenfassende Darstellung der Arbeit wünschenswerth zu sein, welche ich für die Abhandlungen der Akademie einzureichen gedenke.

---

[1] Sitzungsber. 1907, S. 542.
[2] Siehe Chemikerzeitung, Jahrg. 31, Nr. 36, S. 460 (1907).

Ausgegeben am 26. März.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
XVII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

26. März. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Zimmer las über den Weinhandel Westgalliens nach Irland im 1. bis 7. Jahrhundert. (Ersch. später in den Abhandlungen.)

An Stelle der seit dem 8./9. Jahrhundert gewöhnlichen Verbindung Irlands mit West- und Mitteleuropa über Grossbritannien bestand in älterer Zeit eine directe Verbindung zur See nach den westgallischen Häfen an der Loire- und Garonnemündung, die lebhaftem Handelsverkehr diente; derselbe wird durch Zeugnisse für das 1. bis 7. Jahrhundert n. Chr. belegt und der Niederschlag besprochen, den der westgallische Weinhandel in altirischer Sage und Sprache gefunden hat.

2. Hr. Waldeyer hat in der Sitzung der phys.-math. Classe am 19. d. eine Arbeit des Privatdocenten an der hiesigen Universität Hrn. Dr. med. L. Jacobsohn vorgelegt: Über die Kerne des menschlichen Rückenmarks. Die Aufnahme in den Anhang zu den Abhandlungen d. J. wurde genehmigt.

Es wird eine genaue Darlegung der Zellen des menschlichen Rückenmarks, insbesondere nach ihrer topographischen Lagerung, gegeben. Ein Theil der Zellen lässt sich in bestimmt abgegrenzte Gruppen ordnen, ein anderer nicht. Bestimmte Gruppen bilden: a) die Nuclei motorii, b) die Nuclei sympathici — diese sind besonders eingehend berücksichtigt worden —, c) die Nuclei magnocellulares cornu posterioris, d) der Nucleus sensibilis proprius; dieser entspricht den Zellen der Substantia gelatinosa Rolandi. Die nicht in Gruppen zu ordnenden Nervenzellen gehören dem mittleren und kleineren Zelltypus an und liegen fast über die ganze graue Substanz ausgestreut; sie ordnen sich nur unvollkommen in Zellzüge — Tractus cellularum; ihrer sind drei: Tractus cellularum medio-ventralis, Tr. cellularum medio-dorsalis und Tr. cellularum intercornualis lateralis; alle drei sind besonders im Lendenmarke entwickelt.

3. Vorgelegt wurde ein weiteres Heft der Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung: Die Tripyleen Radiolarien. Concharidae von Prof. Dr. A. Borgert. Kiel und Leipzig 1907.

4. Die Akademie hat zu wissenschaftlichen Arbeiten bewilligt: durch ihre physikalisch-mathematische Classe Hrn. Privatdocenten

Nachtrag zur Embryonenfrage bei Ichthyosaurus.

Von W. Branca.

In meiner obengenannten Arbeit[1] habe ich den Nachweis zu führen gesucht, daß nicht ausnahmslos alle der im Innern von Ichthyosauren gefundenen Jungen Embryonen seien, sondern daß man den Gedanken ins Auge fassen müsse, daß neben den Embryonen auch gefressene Junge vorliegen könnten, und zwar nicht nur in dem einen speziellen Fall, in dem es sich nur um zwei Junge handelt, sondern namentlich auch da, wo eine besonders große Zahl von Jungen im Innern eines alten Tieres sich findet.

Da diese Jungen aber zum Teil vorzüglich, der ganzen Länge nach erhalten in den alten Ichthyosauren liegen, so war notwendige Bedingung für eine solche Auffassung die Annahme, daß die alten Tiere die Jungen wenig oder gar nicht zerbissen, also mehr oder weniger ganz, verschlungen haben müßten, und daß unter Umständen ein altes Tier infolge seiner Gefräßigkeit, bei dem Verschlingen oder bald nach demselben, verendet gewesen sein könnte. Zur Stütze solcher Auffassung hatte ich einige analoge Beispiele für die Gefräßigkeit gewisser Meerestiere hinzugefügt.

Der Freundlichkeit des Hrn. Kollegen Abel in Wien verdanke ich jetzt einige weitere Beispiele in dieser Beziehung, die ich darum hier wiedergeben möchte, weil sie sich auf Wale beziehen. Auch wenn man nicht so weit geht wie Steinmann[2], der die Ansicht vertritt, daß unter den Zahnwalen die Delphine die Nachkommen der Ichthyosauren seien, so wird man zugeben müssen, daß die Zahnwale gewisse Ähnlichkeiten mit den Ichthyosauren, in Gestalt, Größe, vor allem in der Lebensweise, besitzen. Dadurch aber wird ein Schluß auf Ähnlichkeiten auch in den Lebensgewohnheiten zwar keineswegs sicher, aber er gewinnt immerhin ein gewisses Maß von Wahrscheinlichkeit.

Es ist das ähnlich wie bei Fledermäusen und Flugsauriern. Auch hier nimmt Steinmann offenbar an, daß erstere von letzteren

[1] Abhandlungen dieser Akademie von 1907. Berlin 1908.
[2] Einführung in die Paläontologie, 2. Aufl. 1907, S. 512ff.

abstammen[1]. Aber wenn man auch hier einmal von dieser Abstammungsfrage ganz absehen will, so wird man doch nicht verkennen, daß zwischen beiden Gruppen gewisse Ähnlichkeiten körperlicher Natur vorhanden sind bzw. waren, welche auch gewisse Ähnlichkeiten in den Lebensgewohnheiten bedingen mußten. Ich meine damit natürlich nicht Lebensgewohnheiten, die, wie z. B. nächtliche Lebensweise, Winterschlaf usw., ganz unabhängig von den körperlichen Hauptmerkmalen sind, sondern nur solche, die eben von letzteren abhängig sind. Der Besitz einer Flughaut hier wie dort mußte z. B. notwendig die Beweglichkeit beim Gehen in gewissem Maße beschränken und ihr einen bestimmten Charakter verleihen; ebenso wie der Besitz von Kegelzähnen bei Ichthyosauren und Delphiniden zu übereinstimmender Behandlung der Beute — Verschlingen derselben, ohne viel zu kauen — Veranlassung gegeben haben dürfte. Gerade darauf aber kommt es mir hier an. Stark zerbissene und dadurch zerstückelte, mit zerbrochenen Knochen heruntergeschluckte junge Ichthyosauren würden natürlich jetzt im fossilen Zustande sich ohne weiteres von Embryonen unterscheiden lassen. Unverletzt hinabgeschlungene junge Ichthyosauren dagegen mußten jetzt ganz ebenso wie solche Embryonen erscheinen, die nach Zerplatzen der Eihäute gestreckte Lage angenommen hatten. Darin liegt die sehr große Schwierigkeit, bei Ichthyosauren gefressene Junge von Embryonen zu unterscheiden — vorausgesetzt, daß man nicht als notwendige Bedingung für einen Embryo eine eingerollte Lage desselben fordern wollte. Aber es scheint nicht angängig, das zu tun, wenn man doch in der Tatsache der Verlagerung der Jungen nach vorwärts die handgreiflichsten Beweise gewaltsamer Druckwirkungen vor Augen hat, welchen auch die Eihäute zum Opfer fallen konnten.

In meiner Arbeit[2] hatte ich auf Grund eines kurzen Zeitungsberichtes angeführt, daß ein toter Wal angetrieben worden sei, der offenbar an dem in seiner Kehle steckenden kleinen Seehunde erstickt ist: ein Beweis dafür, daß analog auch an die Möglichkeit gedacht werden dürfe, daß das in Rede stehende Exemplar eines Ichthyosaurus erstickt sein könne an dem Tintenfische und dem jungen Ichthyosaurus[3], welche ganz vorn in ihm liegen, also anscheinend in der Kehle des alten Tieres steckengeblieben sind und so dessen Tod herbeigeführt haben.

In seiner »Stammesgeschichte der Meeressäugetiere« hat nun Abel ein weiteres hier verwertbares, überaus drastisches Beispiel angeführt,

[1] A. a. O. S. 514.
[2] S. 32 Anhang.
[3] S. 17—27 Taf. 2, Fig. 2.

einmal von der ungeheuren Gefräßigkeit bei Walen, die auch vor nächstverwandten Formen nicht zurückschreckt, und zweitens von der Fähigkeit der Wale, auch relativ große Tiere unzerkaut, also als Ganzes, herunterzuschlucken[1]. Dieses Beispiel illustriert zugleich das Verhalten des oben zitierten, angetriebenen Walfisches. In der ersten Magenabteilung eines Schwertwales fand man nämlich nicht weniger als 13 Exemplare von *Phocaena* und 15 Seehunde im unzerbissenen Zustande. Hier haben wir also im Magen eines großen Delphiniden nicht weniger als 28 ganz, d. h. unzerbissen, heruntergeschluckte kleine Delphiniden und Seehunde[2].

Man vergleiche das Bild, das dieser Schwertwal im fossilen Zustande geben würde, mit dem der in Rede stehenden Ichthyosauren. Es ergäbe sich ein vollständiges Spiegelbild der letzteren; denn es ist zufällig, daß jener Wal auch Seehunde verschluckt hat; er hätte ebensogut ausschließlich junge Delphiniden gefressen haben können, die dann bei der Verwesung, ganz wie die Jungen bei Ichthyosauren, teils nach vorn, teils nach hinten geschoben worden wären. Er hätte vermutlich auch ohne Bedenken 28 junge Wale seiner eigenen Gattung und Art verschluckt, wodurch die Analogie mit den Ichthyosauren, welche nachweislich Junge ihrer eigenen Art im Innern haben, eine absolute sein würde. Fände man diesen Schwertwal fossil, so würde man dann die Jungen in seinem Innern ebenfalls als Embryonen deuten können, obgleich sie alle, ausnahmslos, verschlungen wären.

Dieses Beispiel eines Tieres von ähnlicher Gestalt, Größe und Lebensweise scheint mir eine große Stütze für die von mir vertretene Ansicht zu sein, daß auch die Ichthyosauren Junge ihrer Gattung unzerbissen hinuntergeschluckt haben werden, so daß diese jetzt als ein Ganzes, also ununterscheidbar von einem Embryo im gestreckten Zustande, d. h. bei zerplatzten Eihäuten, im Innern des alten Tieres liegen. Ist dem aber so, dann dürfte vielleicht nicht nur jener eine neben dem Tintenfische liegende kleine Ichthyosaurus verschluckt worden sein[3], sondern dann ist damit auch die weitergehende, von mir angedeutete Möglichkeit wahrscheinlicher geworden, daß auch von den anderen im Innern von Ichthyosauren gefundenen Jungen ein größerer oder geringerer Teil verschluckt, also nicht Embryonen gewesen sein könne.

[1] In »Meereskunde«, Berlin 1907, I, Heft 4, S. 8.

[2] Da die Zahnwale wesentlich von Fischen leben, so hatte ich (a. a. O. S. 32) angenommen, daß der kleine Seehund mehr aus Zufall dem Wal beim Zuschnappen nach anderer Beute in den Rachen getrieben worden sei. Falls das jedoch ein Schwertwal gewesen sein sollte — der Bericht äußert sich darüber nicht — so dürfte auch hier direkt die Gefräßigkeit des Wales zu seinem Tode geführt haben.

[3] S. 17—27, Tafel Fig. 2.

Auch ein Seitenstück zu dem von mir, nach E. FRAAS' Beschreibung, zitierten *Hybodus*, der offenbar an Überladung seines Magens mit einer Überzahl von Belemniten zugrunde gegangen ist, führt Hr. ABEL an; und zwar wiederum von Walen. Im Magen einer *Phocaena* fanden sich nach SCOTT[1] nicht weniger als 280 Otolithen, darunter 240 von *Gadus merlangus*. FRAAS schätzt die Zahl der Belemniten im Magen seines *Hybodus* zufällig auf nahe dieselbe große Zahl, 250. Vielleicht wird man übrigens, so scheint mir, annehmen können, daß der *Hybodus* diese 250 Belemniten nicht zu einer einzigen Mahlzeit verzehrt hat, sondern daß sich ihre ganz unverdaulichen Rostren, zu einem wirren Knäuel geballt, als Rückstand einer ganzen Anzahl von Mahlzeiten im Magen angesammelt hatten; ähnlich wie das bei Menschen gehen kann, welche die krankhafte Neigung haben, Knöpfe und andere harte Dinge allmählich zu verschlucken, die sich dann im Magen ansammeln und schließlich verderblich werden können.

Beide dem Verhalten von Walen entlehnten Beispiele geben auch zugleich eine Illustration für meine Vorstellung, die durch Ichthyosauren mit einer sehr großen Zahl von Jungen im Innern erweckt wurde: daß doch noch eher die Gefräßigkeit des Individuums eine für dasselbe schädliche Überfüllung des Magens herbeiführen werde, als die Natur eine verderbliche Überfüllung des Uterus mit Embryonen. Mit anderen Worten: da, wo wir eine sehr große Zahl von Jungen im Innern von Ichthyosauren finden, dürfe der Verdacht entstehen, daß hier neben Embryonen auch mehr oder weniger gefressene Junge mit vorliegen könnten.

Solche Beispiele ließen sich bei Durchsicht der Literatur gewiß vermehren. Dagegen läßt sich der von mir zitierte Teleosauride[2] als ein solches Beispiel nicht verwerten, indem, worauf mich Hr. ABEL aufmerksam machte, die ganz wie primitive Halbwirbel eines verschluckten, anderen Tieres aussehenden Gebilde die Tracheenringe des Teleosauriden selbst sind, die bei diesen Krokodilen ausnahmsweise verknöcherten und versteinerten.

Vielleicht läßt sich auch noch auf die gestreckte Lage der meisten Jungen im Innern — soweit solche eben vollkommen genug erhalten sind — die Vorstellung stützen, daß es sich hier zum Teil um verschluckte Tiere handle. Wenn nämlich alle 40 Jungen im Innern von Ichthyosauren Embryonen wären, so möchte man doch erwarten, daß sie häufiger, nicht aber nur so selten, eine eingerollte Stellung zeigen müßten, wie sie den Embryonen in den Eihäuten zukommt.

---

[1] XXI. Annual Report of the Fishery Board for Scotland. Pt. III, 1903, S. 226.
[2] A. a. O. Taf. I, Fig. 1, S. 20.

Gewiß werden die Eihäute bei gewaltsamem Transport im Innern der Alten oft zerrissen, wodurch die Embryonen dann gestreckte Lage annehmen werden; aber man könnte geltend machen, daß das dann doch auffällig oft geschehen sei.

Auf eins möchte ich noch hinweisen: E. Fraas gibt die Abbildung eines zweifelhaften Embryos, der noch in den Eihäuten gelegen haben muß; denn nicht nur besitzt er die eingerollte L[illegible] sondern die Eihäute haben auch einen dunkeln Fleck im Posidonomyenschiefer erzeugt. Dieser Embryo aber liegt außerhalb seiner Mutter. Er scheint also in den Eihäuten geboren zu sein; und da er ziemlich entfernt vom Becken liegt, so scheinen die Eihäute auch nicht einmal sofort nach der Geburt zerrissen zu sein.

1908.
XIX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

2. April. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Diels.

* Hr. Dressel las über ägyptische Funde altgriechischer Silbermünzen.

Durch vier in den letzten 10 Jahren gehobene Münzfunde, die, wie alle früheren, auch Barren und zerstückeltes Geld enthalten, wird endgültig bestätigt, dass hier keineswegs Metallvorräthe von Goldschmieden vorliegen, sondern Werthobjecte, die zu Verkehrszwecken dienten, d. h. Geldschätze aus der Zeit, als Aegypten noch keine eigenen Münzen besass. Die neuerdings ausgesprochene Ansicht, dass viele dieser ägyptischen Fundmünzen Nachprägungen in Aegypten angesiedelter Griechen seien, ist entschieden zurückzuweisen.

Ein manichäisch-uigurisches Fragment aus Idiqut-Schahri.

Von A. von Le Coq.

(Vorgelegt von Hrn. F.W. K. Müller am 19. März 1908 [s. oben S. 327].)

Hierzu Taf. III.

Unter den manichäischen Schriften in soghdischer und türkischer Sprache, welche ich im Jahre 1905 in der Ruinengruppe K von Idiqut-Schahri entdeckte, befand sich auch das vorliegende türkische Manuskriptfragment manichäisch-religiösen Inhalts. Zum ersten Male sehen wir hier ein derartiges Werk in uigurischer Schrift: alle früher bekannten türkischen Manichaica sind in jener modifizierten Estrangeloschrift geschrieben, welche auf Mânî zurückgeführt wird und über die in den Sitzungsberichten 1904 S. 348 ff. zum ersten Male von dem Entdecker berichtet worden ist.

Der Inhalt ist eine Schilderung von Kämpfen, welche ein »zrušč burχan« genanntes Wesen gegen Dämonen und Zauberer besteht; der Schauplatz ist die heilige Stadt der Manichäer, das ehrwürdige Babylon.

Man wird kaum fehlgehen, wenn man diesen »zrušč burχan« mit dem Apostel der Iranier Zarathustra identifiziert; sein Vorkommen in einer manichäischen Legende beweist, daß die Manichäer, wenigstens in Turkistan, nicht nur, wie schon bekannt, einzelne Grundgedanken der iranischen Lichtreligion, sondern auch die Gestalt des Propheten derselben in ihren Kultus herübergenommen haben.

Obwohl das hauptsächliche Interesse des Bruchstücks in diesem literarischen Nachweise besteht, ist doch auch die äußere Beschaffenheit des Fragments und besonders die Sprache, die es uns bewahrt hat, nicht ohne Wichtigkeit.

Wie leicht ersichtlich, bildet das uns erhaltene halbe Blatt ein Bruchstück eines in europäischer Art hergestellten, gehefteten

Buches[1]. Der in farbiger Schrift am Kopfe des Blattes geschriebene Titel erstreckt sich über zwei, vielleicht sogar mehr aufeinanderfolgende Seiten.

Das Papier ist gut, glatt und von braungelblicher Farbe, die Schrift eine schöne deutliche uigurische Kursive, in glänzendschwarzer Tinte wahrscheinlich mit der Rohrfeder ausgeführt. Auf der Vorderseite befinden sich in einer andern Hand die Worte »*iki üč*« = 2, 3 an den Rand geschrieben.

Unser Fragment dürfte der Thang-Periode (rund 600—900) zuzurechnen sein.

Die Sprache ist altes Türkisch[2] und stimmt mit der in den andern manichäischen und in den buddhistischen Manuskripten überlieferten überein.

Die Erzählung ist belebt und würde bei einem weniger fragmentarischen Erhaltungszustand nur geringe Schwierigkeiten bieten; die Veröffentlichung erfolgt u. a., um den sprachlichen Stoff einem größern Kreise zugänglich zu machen. Sobald das Studium unsrer Texte ein reicheres Vokabular erschlossen haben wird, sollen weitere Publikationen türkischer Manichaica erfolgen.

Im Anschlusse teile ich eine aus mehreren mit manichäischen Lettern geschriebenen Manuskripten ausgezogene Wörterliste mit, um damit einen Beitrag zur Kenntnis des Konsonantismus der alten türkischen Sprache zu liefern. Die manichäischen Buchstaben lassen nämlich irgendwelche Zweifel über den Lautwert eines jeden Konsonanten nicht bestehen. Die sich ergebenden Werte scheinen am besten mit den von V. Thomsen gewonnenen Resultaten übereinzustimmen.

Viele der aufgeführten Wörter sind wohlbekannt, die Bedeutungen der andern werden sich allmählich ergeben. Auf ihren Vokalismus kann hier noch nicht eingegangen werden, da über diesen erst das Studium der in indischen Alphabeten (Brāhmī und Tibetisch) geschriebenen und die Vokale klar wiedergebenden türkischen Manuskripte[3] unanfechtbaren Aufschluß zu geben vermag.

---

[1] Im Gegensatz zur indischen Buchform (*poṭhi*) und dem chinesischen Buch (Rolle oder Faltbuch).

[2] Ein anderes Manuskript, welches zusammen mit dem vorliegenden gefunden wurde, besagt, daß es »auf türkisch« (*türkčä*) geschrieben sei; ebenso sagt der Schreiber in dem letzthin [hier 1907 S. 958] veröffentlichten Kolophon eines buddhistischen Buches, daß er in die türkische Sprache (*türk tilinča*) übersetze.

[3] Aus meinen im Jahre 1905 in den Ruinen von Säṅgim Aġïz und Toyoq gemachten Funden.

✿ *Kürtlä tat(i)γl(i)γ nomi* ✿

. . . . . ? (sein) süßes Gesetz.

1 *. . lar waγšiklar kim angar kädilmiš*

. . . .

2 *ärti küčlüg vrištilärkä aidi bang*

die starken Apostel (Engel) . . . ? . . . . ?

3 *tip* o o *ol yäklärdä uluγi t(ä)zdi kör(ü)ndi* o o

sagend o o der große unter jenen Dämonen floh und erschien (?) o o

4 *bavil baliq̈da taštin bir närua* (?) *atl(i)γ*

außen vor Babel der Stadt, ein näruä (närün, narun, narua) (?) genannter

5 *i ärti* o o *ol yäklärdä uluγi ol idä*

Baum (?) war o o der große unter jenen Dämonen an jenem Baum (?)

6 *yasdi vrištilär tutup tartdi soidurdi*

. . . (?) die Apostel ergriff (und) herbeischleppte (und) ließ schlachten,

7 *ol i yalpraγaq̈i yirdä tüšdi* o o

das Blatt jenes Baumes (?) zur Erde fiel. o o

8 *ymä ol ödün bavil baliqdaq̈i budun*

Zu jener Zeit das in Babel der Stadt befindliche Volk

9 *. . . iq̈aladi yaγidti q̈amγa taš alip*

. . . . ? wurde feindselig; für den Zauberer nehmend Steine

10 *(zrušč) burχanaγ atilar* o o *ol taš*

warfen sie den zrušč burχan o o jener Stein

11 *. . . . ularγaru yanti bašlarin*

. . . . nach ihrer Richtung kehrte zurück, ihre Köpfe

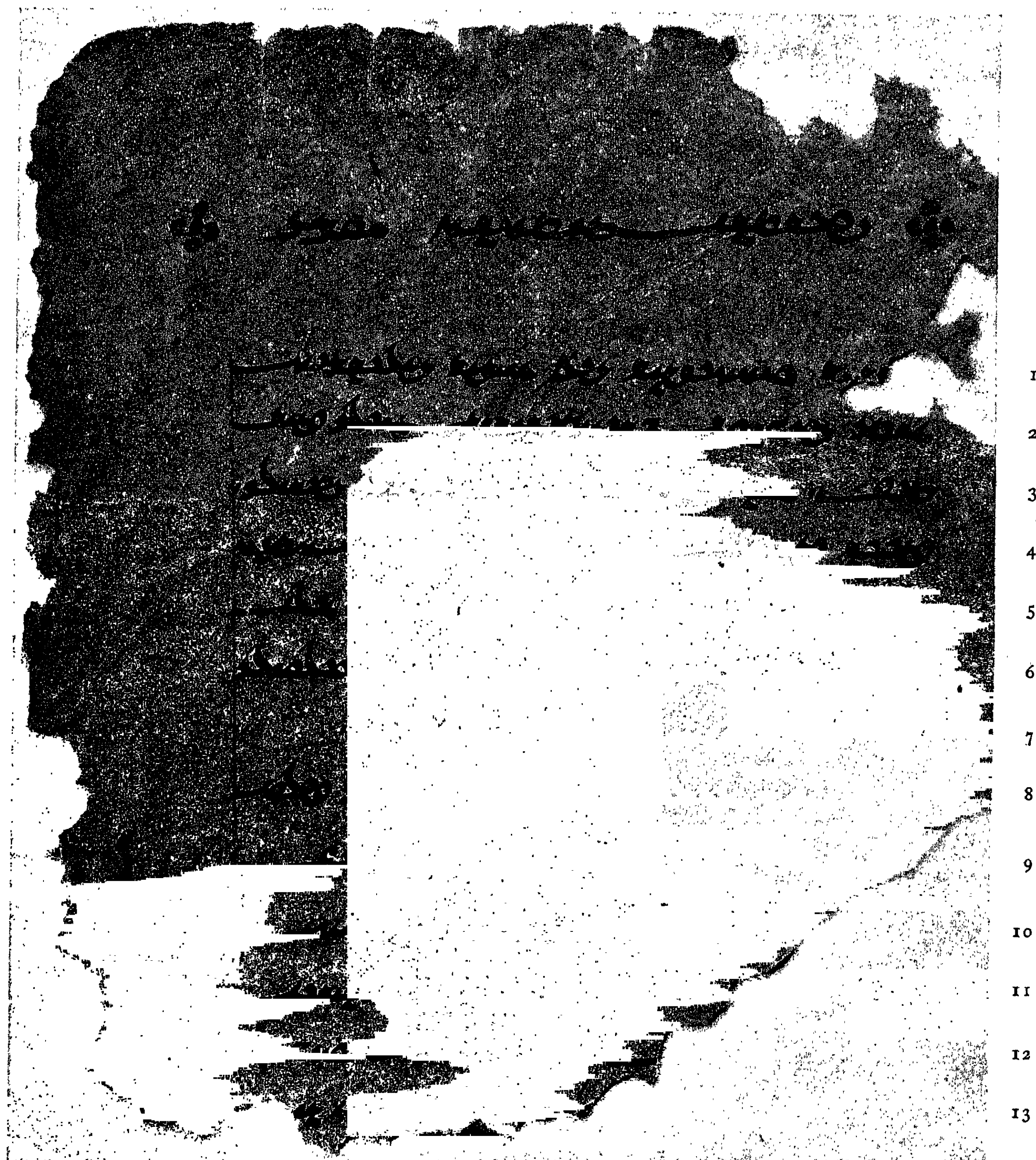
12 *. . . . täklärti* o o *ymä zrušč . . . .*

. . . . zermalmte er (?) o o zrušč burχan . . . . . .

13 *. . . . . . . y(a)rliq̈adi* o o *siz lär . . . . . .*

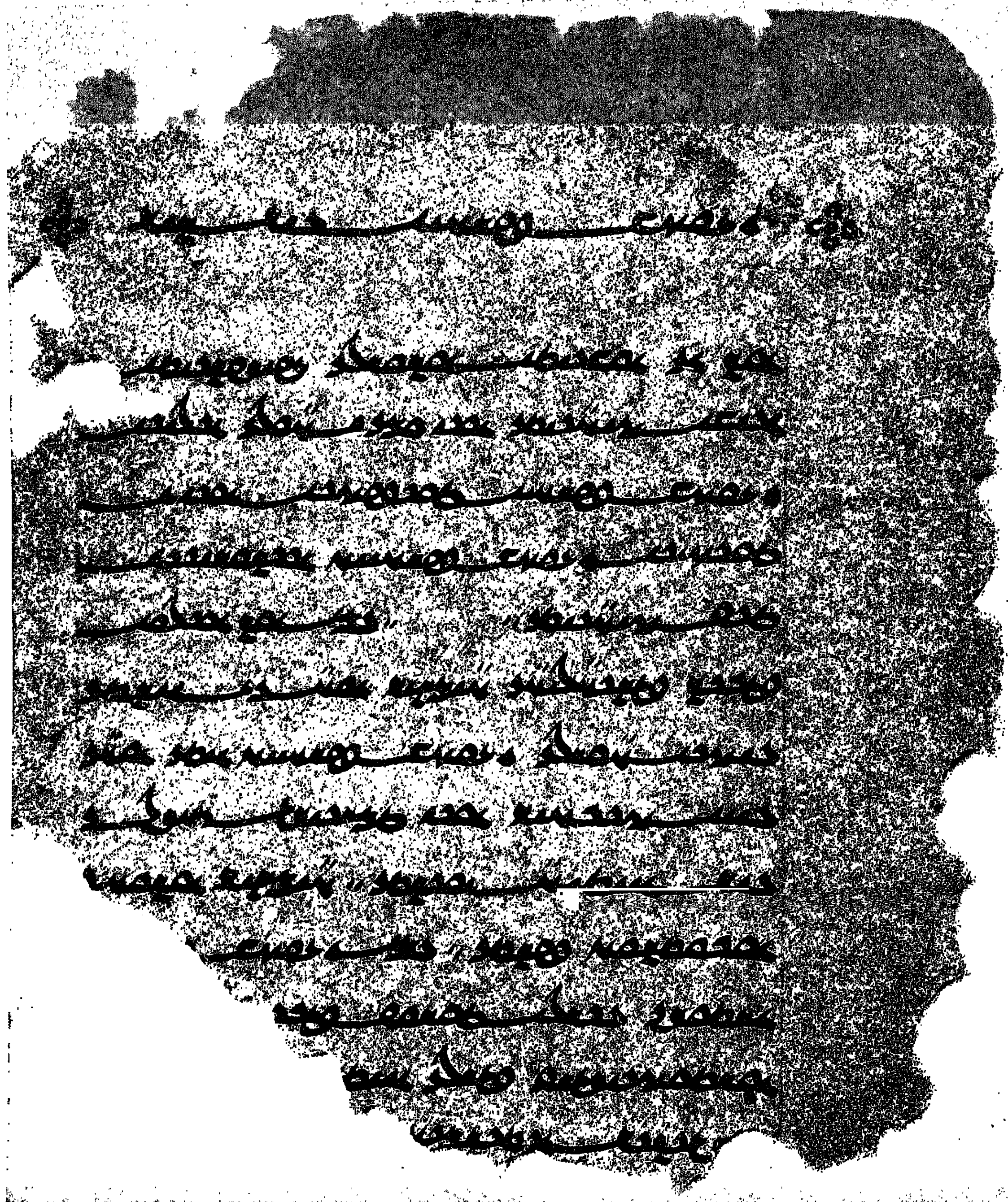
(so) . . . . . . sprach: Ihr . . . .

Zur Transkription sei noch erwähnt, daß *k* und *q* den palatalen, *k̈* und *q̈* den gutturalen k-Laut wiedergeben.



Vorderseite.

A. von Le Coq: Ein manichäisch-uigurisches Fragment aus Idiqut-Schahri.



Rückseite.

❀ *Zrušč burχan yäk lär* ❀

Zrušč burχan die Dämonen . . . .

1 *Ol i učinta olurdi köngülintä*

Auf dem Wipfel jenes Baumes (?) setzte er sich, in seinem Herzen

2 *inčä saq̈inti özümin q̈odi iday[i]n*

so überlegte er: mich selbst hinab will ich stürzen,

3 *zrušč burχan töpösin üzä*

auf das Haupt des zrušč burχan

4 *tüšäy[i]n zrušč burχanaγ ölüräyin*

will ich fallen, den zrušč burχan will ich töten

5 *tip saq̈inti* o o *ymä ol ödün*

so sagend überlegte er o o Zu jener Zeit

6 *bavil baliq̈daq̈i q̈amlar oq̈ ya alti*

nahm (nahmen) die Zauberer in der Stadt Babel Pfeil (und) Bogen,

7 *yasin qurdi zrušč burχanaγ ati oq̈i*

seinen (ihren) Bogen spannte er (spannten sie), den zrušč burχan schoß er (schossen sie); sein Pfeil

8 *yana sivγar öz t[a]m[i]ringa tägdi*

zurück abgleitend (?) seine eigene Lebensader traf;

9 *yäk antaq̈ ölti* o o *q̈amlar uluγi*

der Dämon starb auf diese Weise. o o Der große unter den Zauberern

10 *ovutluγ bolti* o o *ymä zrušč . . . .*

schamerfüllt wurde o o zrušč . . . .

11 *ärtüki yirdä turup bavi[l . . . .*

auf der Stelle, wo er gewesen war, stand auf, nach

12 *ortusingaru bardi anta[q̈ . . . .*

dem Hoflager der Stadt Babel ging er; so

13 *. . grilik itilmiš . . . .*

. . . .

[illegible]	1.	[illegible]	34.	[illegible]	67.
[illegible]	2.	[illegible]	35.	[illegible]	68.
[illegible]	3.	[illegible]	36.	[illegible]	69.
[illegible]	4.	[illegible]	37.	[illegible]	70.
[illegible]	5.	[illegible]	38.	[illegible]	71.
[illegible]	6.	[illegible]	39.	[illegible]	72.
[illegible]	7.	[illegible]	40.	[illegible]	73.
[illegible]	8.	[illegible]	41.	[illegible]	74.
[illegible]	9.	[illegible]	42.	[illegible]	75.
[illegible]	10.	[illegible]	43.	[illegible]	76.
[illegible]	11.	[illegible]	44.	[illegible]	77.
[illegible]	12.	[illegible]	45.	[illegible]	78.
[illegible]	13.	[illegible]	46.	[illegible]	79.
[illegible]	14.	[illegible]	47.	[illegible]	80.
[illegible]	15.	[illegible]	48.	[illegible]	81.
[illegible]	16.	[illegible]	49.	[illegible]	82.
[illegible]	17.	[illegible]	50.	[illegible]	83.
[illegible]	18.	[illegible]	51.	[illegible]	84.
[illegible]	19.	[illegible]	52.	[illegible]	85.
[illegible]	20.	[illegible]	53.	[illegible]	86.
[illegible]	21.	[illegible]	54.	[illegible]	87.
[illegible]	22.	[illegible]	55.	[illegible]	88.
[illegible]	23.	[illegible]	56.	[illegible]	89.
[illegible]	24.	[illegible]	57.	[illegible]	90.
[illegible]	25.	[illegible]	58.	[illegible]	91.
[illegible]	26.	[illegible]	59.	[illegible]	92.
[illegible]	27.	[illegible]	60.	[illegible]	93.
[illegible]	28.	[illegible]	61.	[illegible]	94.
[illegible]	29.	[illegible]	62.	[illegible]	95.
[illegible]	30.	[illegible]	63.	[illegible]	96.
[illegible]	31.	[illegible]	64.	[illegible]	97.
[illegible]	32.	[illegible]	65.	[illegible]	98.
[illegible]	33.	[illegible]	66.	[illegible]	99.

1. *aδ*
2. *aδaq̈a*
3. *aδinčiγ*
4. *aδinṭi*
5. *aiyor*
6. *ainmaz*
7. *ai ṭ(ä)ngri*
8. *aiṭiγ*
9. *aiṭur*
10. *ayiγ*
11. *aγ(i)rlaγuluk̈*
12. *aγuluγ*
13. *ayu birṭim*
14. *aγuk̈up*
15. *aq̈iγli*
16. *al*
17. *alirlar*
18. *alk̈anmaδδi*
19. *alk̈inču*
20. *alk̈inmazmu*
21. *alq̈ayu*
22. *alq̈iš*
23. *alq̈aṭmiš*
24. *alngaδδṭurur*
25. *alṭun*
26. *alṭaγ*
27. *amraq̈*
28. *amrayor*
29. *anča-h*
30. *ančγinča*
31. *ančulayu*
32. *andaγ*
33. *aniγ*
34. *aniγaγ*
35. *ani üčün*
36. *anmak̈*
37. *anṭa*
38. *anṭaγ*
39. *anṭaq̈*
40. *anvamiγ (anvam)*
41. *ara*
42. *arimiš*
43. *ariorča*
44. *ariγsiz*
45. *ariχsiz*
46. *ariṭinṭi*
47. *ariṭirča*
48. *arslan*
49. *arṭayu*
50. *arṭuk̈raq̈*
51. *asiγ*
52. *aṭirγali*
53. *aṭk̈anip*
54. *aṭl(i)γ*
55. *avarṭalar*
56. *avučk̈a*
57. *avuṭsuz*
58. *az*
59. *azag*
60. *aziṭip*
61. *azmiš*
62. *azni*
63. *azuk̈i*
64. *äδgärmäz*
65. *äδgü*
66. *äδlär*
67. *ägsük* [so zu corrig.]
68. *äqinti*
69. *äqigün*
70. *älgin*
71. *äliginṭä*
72. *äliṭi*
73. *ämgänür*
74. *ämgäq*
75. *ämkäkin*
76. *ämrilmiš*
77. *ämṭi*
78. *äng ʾilki*
79. *är*
80. *ärδz*
81. *ärδämin*
82. *ärδämlig*
83. *ärqlig*
84. *ärmäk*
85. *ärmäz*
86. *ärṭmis*
87. *ärsär*
88. *ärṭi*
89. *ärṭim(i)z*
90. *ärür*
91. *ärüš*
92. *äsiδinng*
93. *äšiṭip*
94. *äsrükin*
95. *äṭiglii*
96. *äṭin*
97. *äṭözinṭäqi*
98. *ävüngüzδä*
99. *bak̈r*

[illegible]	100.
[illegible]	101.
[illegible]	102.
[illegible]	103.
[illegible]	104.
[illegible]	105.
[illegible]	106.
[illegible]	107.
[illegible]	108.
[illegible]	109.
[illegible]	110.
[illegible]	111.
[illegible]	112.
[illegible]	113.
[illegible]	114.
[illegible]	115.
[illegible]	116
[illegible]	117.
[illegible]	118.
[illegible]	119.
[illegible]	120.
[illegible]	121.
[illegible]	122.
[illegible]	123.
[illegible]	124.
[illegible]	125.
[illegible]	126.
[illegible]	127.
[illegible]	128.
[illegible]	129.
[illegible]	130.
[illegible]	131.
[illegible]	132.
[illegible]	133.
[illegible]	134.
[illegible]	135
[illegible]	136.
[illegible]	137.
[illegible]	138.
[illegible]	139.
[illegible]	140.
[illegible]	141.
[illegible]	142.
[illegible]	143.
[illegible]	144.
[illegible]	145
[illegible]	146.
[illegible]	147.
[illegible]	148.
[illegible]	149.
[illegible]	150.
[illegible]	151.
[illegible]	152.
[illegible]	153.
[illegible]	154.
[illegible]	155.
[illegible]	156.
[illegible]	157.
[illegible]	158.
[illegible]	159.
[illegible]	160.
[illegible]	161.
[illegible]	162.
[illegible]	163.
[illegible]	164.
[illegible]	165.
[illegible]	166.
[illegible]	167.
[illegible]	168.
[illegible]	169.
[illegible]	170.
[illegible]	171.
[illegible]	172.
[illegible]	173.
[illegible]	174.
[illegible]	175.
[illegible]	176.
[illegible]	177.
[illegible]	178.
[illegible]	179.
[illegible]	180.
[illegible]	181.
[illegible]	182.
[illegible]	183.
[illegible]	184.
[illegible]	185.
[illegible]	186.
[illegible]	187.
[illegible]	188.
[illegible]	189.
[illegible]	190.
[illegible]	191.
[illegible]	192.
[illegible]	193.
[illegible]	194.
[illegible]	195.
[illegible]	196.
[illegible]	197.
[illegible]	198.
[illegible]	199.
[illegible]	200.
[illegible]	201.

100. *b(a)γru*
101. *baliq̈*
102. *bar ärṭi*
103. *barča*
104. *barδi*
105. *barδilar*
106. *barγai*
107. *barḱu yoluγ*
108. *barsar*
109. *baru*
110. *basin*
111. *bašin*
112. *bašṭan*
113. *basṭilar*
114. *basuṭ*
115. *bägi*
116. *b(ä)glär*
117. *b(ä)lgülüg*
118. *b(ä)lgürä*
119. *bilgä bilig*
120. *biligä bilig*
121. *biligsiz*
122. *bilingläδi*
123. *bilinglär*
124. *bilmäδin*
125. *bilṭürṭüngüz*
126. *bir*
127. *birgüčig*
128. *birälim*
129. *birlä*
130. *biröq*
131. *birṭäči*
132. *birü*
133. *biš*
134. *biṭigäči*
135. *biz*
136. *bizniṭäg*
137. *bolalim*
138. *bolγai*
139. *bolmaḱi*
140. *bolmaṭin*
141. *bolmaz*
142. *bolṭi*
143. *bolṭuγ*
144. *bolṭumuz*
145. *bolṭum*
146. *bolṭunguzlar*
147. *bolu*
148. *bolunng, bulunng*
149. *bolur*
150. *bolup*
151. *bolurbiz*
152. *bolzun*
153. *bošuγali*
154. *bošunu*
155. *bögü*
156. *brṭmalim*
157. *bu*
158. *bu*
159. *buδun (qara b.)*
160. *buyanliγ*
161. *buq̈un*
162. *bulṭurṭuṅguz*
163. *burχan*
164. *buryuḱ*
165. *busušluγ*
166. *buṭarlayu*
167. *bügülänmäkin*
168. *il (el) q̈angimiz*
169. *iδδuḱ*
170. *igil*
171. *ikirčgü*
172. *ilišlig*
173. *ilkinṭin*
174. *ilṭingiz*
175. *ilṭkäi*
176. *inmäk*
177. *išläṭingiz*
178. *išṭürmäz*
179. *'ičgärü*
180. *'ičili*
181. *'ičinṭä*
182. *'ičrä*
183. *'iδmis*
184. *'iδuḱ q̈uṭ*
185. *'igδäyü*
186. *'igiδürčä*
187. *'iγač*
188. *'iγlayor*
189. *'i'iḱa-h*
190. *'iki*
191. *'ikinṭi*
192. *'il, 'el*
193. *'ilči*
194. *'ilig*
195. *'ilṭä*
196. *'inčä*
197. *'inčip*
198. *'inili*
199. *'inmäq'in*
200. *'iring*
201. *'irinür*

[illegible]	202.
[illegible]	203.
[illegible]	204.
[illegible]	205.
[illegible]	206.
[illegible]	207.
[illegible]	208.
[illegible]	209.
[illegible]	210.
[illegible]	211.
[illegible]	212.
[illegible]	213.
[illegible]	214.
[illegible]	215.
[illegible]	216.
[illegible]	217.
[illegible]	218.
[illegible]	219.
[illegible]	220.
[illegible]	221.
[illegible]	222.
[illegible]	223.
[illegible]	224.
[illegible]	225.
[illegible]	226.
[illegible]	227.
[illegible]	228.
[illegible]	229.
[illegible]	230.
[illegible]	231.
[illegible]	232.
[illegible]	233.
[illegible]	234.
[illegible]	235.

[illegible]	236.
[illegible]	237.
[illegible]	238.
[illegible]	239.
[illegible]	240.
[illegible]	241.
[illegible]	242.
[illegible]	243.
[illegible]	244.
[illegible]	245
[illegible]	246.
[illegible]	247.
[illegible]	248.
[illegible]	249.
[illegible]	250.
[illegible]	251.
[illegible]	252.
[illegible]	253.
[illegible]	254.
[illegible]	255.
[illegible]	256.
[illegible]	257.
[illegible]	258.
[illegible]	259.
[illegible]	260.
[illegible]	261.
[illegible]	262.
[illegible]	263.
[illegible]	264.
[illegible]	265.
[illegible]	266.
[illegible]	267.
[illegible]	268.
[illegible]	269.

[illegible]	270.
[illegible]	271.
[illegible]	272.
[illegible]	273.
[illegible]	274.
[illegible]	275.
[illegible]	276.
[illegible]	277.
[illegible]	278.
[illegible]	279.
[illegible]	280.
[illegible]	281.
[illegible]	282.
[illegible]	283.
[illegible]	284.
[illegible]	285.
[illegible]	286.
[illegible]	287.
[illegible]	288.
[illegible]	289.
[illegible]	290.
[illegible]	291.
[illegible]	292.
[illegible]	293.
[illegible]	294.
[illegible]	295.
[illegible]	296.
[illegible]	297.
[illegible]	298.
[illegible]	299.
[illegible]	300.
[illegible]	301.
[illegible]	302
[illegible]	303.

202. *ʾisṭig*
203. *ʾiṭča*
204. *yablak̈*
205. *yak̈in*
206. *yana*
207. *yanunčsiz*
208. *yanṭurṭunguz*
209. *y(a)raγai*
210. *yaraγl(i)γ*
211. *y(a)raγuluq̈*
212. *yaraṭδδingiz*
213. *y(a)raṭmiš*
214. *yarilṭi*
215. *yarin*
216. *yarl(i)q̈aδi*
217. *y(a)rliq̈aδuk̈*
218. *yarl(i)q̈asar*
219. *y(a)rliq̈ar*
220. *y(a)rliq̈amiš*
221. *y(a)rliq̈amaq̈i*
222. *y(a)rl(i)γ*
223. *y(a)rl(i)k̈amaz*
224. *y(a)rl(i)q̈amaṭin*
225. *y(a)rlik̈ančuči*
226. *y(a)ruq̈ʾin*
227. *y(a)ruq̈ q̈izi*
228. *yarsiyor ärṭi*
229. *yarsinčiγ*
230. *yaruk̈*
231. *yas*
232. *yašaδδi*
233. *yašiyu*
234. *yašunγil*
235. *yaṭi*
236. *yaṭuq̈in*
237. *yaṭur*
238. *yavlak̈*
239. *yazinčsiz*
240. *yazq̈i*
241. *yaznṭmz*
242. *yazuk̈*
243. *yazuk̈luγ*
244. *yäg*
245. } *yäq*
246. } *yäk*
247. *y(a)na*
248. *yiδior*
249. *y(i)δliγ*
250. *yig*
251. *yigäδti*
252. *y(i)g(i)rmili*
253 *ylavači burχan*
254. *yilṭiz*
255. *ymä*
256. *yimägil*
257. *yinčürü*
258. *yingak̈-iγ*
259. *yinṭäm*
260. *yinṭsigü*
261. *y(i)parliγ*
262. *yir suvdä*
263. *yiringärü*
264. *yirṭčilälim*
265. *yirṭip*
266. *yiṭi*
267. *yiṭili*
268. *yol*
269. *yolči*
270. *yolγaq*
271. *yöqärü*
272. *yuγuči-i-h*
273. *yuq̈čiγai*
274. *yurung*
275. *yuṭurum*
276. *yuṭuzluq̈*
277. *yuṭzunguz*
278. *yuva*
279. *yügürṭi*
280. *yügürügli*
281. *yügürür*
282. *yüküngäli*
283. *yükünü*
284. *yürizün*
285. *yünṭi*
286. *yürüp*
287. *yürüglärin*
288. *yürünṭäg*
289. *yüzlüg*
290. *kaṭ (biš kaṭ)*
291. *kälipänin*
292. *kälir*
293. *kälmiš*
294. *kälṭi*
295. *k(ä)lzün*
296. *k(ä)misip*
297. *k(ä)nig roš(a)n*
298. *k(ä)nṭü*
299. *kärinčsiz*
300. *käzṭingiz*
301. *kim*
302. *kimkä*
303. *kin*

304. [illegible]
305. [illegible]
306. [illegible]
307. [illegible]
308. [illegible]
309. [illegible]
310. [illegible]
311. [illegible]
312. [illegible]
313. [illegible]
314. [illegible]
315. [illegible]
316. [illegible]
317. [illegible]
318. [illegible]
319. [illegible]
320. [illegible]
321. [illegible]
322. [illegible]
323. [illegible]
324. [illegible]
325. [illegible]
326. [illegible]
327. [illegible]
328. [illegible]
329. [illegible]
330. [illegible]
331. [illegible]
332. [illegible]
333. [illegible]
334. [illegible]
335. [illegible]
336. [illegible]
337. [illegible]
338. [illegible]
339. [illegible]
340. [illegible]
341. [illegible]
342. [illegible]
343. [illegible]
344. [illegible]
345. [illegible]
346. [illegible]
347. [illegible]
348. [illegible]
349. [illegible]
350. [illegible]
351. [illegible]
352. [illegible]
353. [illegible]
354. [illegible]
355. [illegible]
356. [illegible]
357. [illegible]
358. [illegible]
359. [illegible]
360. [illegible]
361. [illegible]
362. [illegible]
363. [illegible]
364. [illegible]
365. [illegible]
366. [illegible]
367. [illegible]
368. [illegible]
369. [illegible]
370. [illegible]
371. [illegible]
372. [illegible]
373. [illegible]
374. [illegible]
375. [illegible]
376. [illegible]
377. [illegible]
378. [illegible]
379. [illegible]
380. [illegible]
381. [illegible]
382. [illegible]
383. [illegible]
384. [illegible]
385. [illegible]
386. [illegible]
387. [illegible]
388. [illegible]
389. [illegible]
390. [illegible]
391. [illegible]
392. [illegible]
393. [illegible]
394. [illegible]
395. [illegible]
396. [illegible]
397. [illegible]
398. [illegible]
399. [illegible]
400. [illegible]
401. [illegible]
402. [illegible]
403. [illegible]
404. [illegible]

304. *kirṭgünč*
305. *kirṭü*
306. *kiši*
307. *kizlä*
308. *kökläγür*
309. *köprügüg*
310. *körgäli*
311. *körkiṭṭingiz*
312. *körmiš*
313. *körüp*
314. *körur*
315. *körzün*
316. *köṭürür*
317. *köz*
318. *közälip*
319. *közäṭδi*
320. *közüngü*
321. *közünüpän*
322. *közünür*
323. *küčädükinṭä*
324. *küčlüg*
325. *küfänčlig*
326. *kün*
327. *kün ṭ(ä)ngri*
328. *köngül*
329. *kürg*
330. *kürṭlä*
331. *küznäkingä*
332. *qäδilüür*
333. *qälsär*
334. *qälip*
335. *qälirčä*
336. *qälmäkin*
337. *qämisṭi*
338. *q(ä)ndu*
339. *q(ä)nig*
340. *q(ä)rgäk*
341. *qäδmisin*
342. *q(ä)lz(ü)n*
343. *q(ä)nṭü*
344. *qim*
345. *qinṭüürčä*
346. *qirip*
347. *qirṭi*
348. *qišičä*
349. *qisikä*
350. *qnyu* (wohl
351. *qöki* [*q(ä)ndü*)
352. *qörünng*
353. *qöṭürür*
354. *qözünṭilär*
355. *qüč*
356. *qün*
357. *qöngülṭä*
358. *qüni qimni*
359. *qürṭlä*
360. *körṭi* (?)
361. *körüp* (?)
362. *qüsänčig*
363. *qüsüšlüg*
364. *k̈amiγ*
365. *k̈ang*
366. *k̈angim mani* [*burχan*
367. *k̈anṭa*
368. *k̈apiγi*
369. *k̈ilinčin*
370. *k̈ilinčliγ*
371. *k̈ilmiš*
372. *k̈op*
373. *k̈ulk̈ak̈in*
374. *k̈ululasar*
375. *k̈uruγ*
376. *k̈urṭγak̈*
377. *k̈urṭγa*
378. *k̈uṭi*
379. *k̈utk̈arṭingiz*
380. *k̈uṭk̈ulupan*
381. *k̈uṭrulk̈u*
382. *k̈uṭṭunguz*
383. *q̈alγuluγ*
384. *q̈alṭi*
385. *q̈(a)lṭi*
386. *q̈(a)maγin*
387. *q̈(a)maγq̈a*
388. *q̈amγaγ*
389. *q̈apaq̈*
390. *q̈(a)ra*
391. *q̈at(i)γ*
392. *q̈aṭiq̈liγ*
393. *q̈aṭilṭi*
394. *q̈ilinčin*
395. *q̈ilsar*
396. *q̈isada*
397. *q̈ivliγ*
398. *q̈iz*
399. *q̈oδi*
400. *q̈olun*
401. *q̈op*
402. *q̈orq̈inčiγ*
403. *q̈orq̈maz*
404. *q̈orq̈un*

[illegible] 406.
[illegible] 407.
[illegible] 408
[illegible] 409.
[illegible] 410.
[illegible] 411.
[illegible] 412.
[illegible] 413.
[illegible] 414.
[illegible] 415.
[illegible] 416.
[illegible] 417.
[illegible] 418.
[illegible] 419.
[illegible] 420.
[illegible] 421.
[illegible] 422.
[illegible] 423.
[illegible] 424.
[illegible] 425.
[illegible] 426.
[illegible] 427.
[illegible] 428.
[illegible] 429.
[illegible] 430.
[illegible] 431.
[illegible] 432.
[illegible] 433.
[illegible] 434.
[illegible] 435
[illegible] 436.
[illegible] 437.
[illegible] 438.
[illegible] 439.
[illegible] 440.
[illegible] 441.
[illegible] 442
[illegible] 443.
[illegible] 444.
[illegible] 445.
[illegible] 446.
[illegible] 447.
[illegible] 448.
[illegible] 449.
[illegible] 450.
[illegible] 451.
[illegible] 452.
[illegible] 453.
[illegible] 454.
[illegible] 455.
[illegible] 456.
[illegible] 457.
[illegible] 458.
[illegible] 459.
[illegible] 460.
[illegible] 461.
[illegible] 462.
[illegible] 463.
[illegible] 464.
[illegible] 465.
[illegible] 466.
[illegible] 467.
[illegible] 468.
[illegible] 469.
[illegible] 470.
[illegible] 471.
[illegible] 472.
[illegible] 473.
[illegible] 474.
[illegible] 475.
[illegible] 476.
[illegible] 477.
[illegible] 478.
[illegible] 479.
[illegible] 480.
[illegible] 481.
[illegible] 482.
[illegible] 483.
[illegible] 484.
[illegible] 485.
[illegible] 486.
[illegible] 487.
[illegible] 488.
[illegible] 489.
[illegible] 490.
[illegible] 491.
[illegible] 492.
[illegible] 493.
[illegible] 494.
[illegible] 495.
[illegible] 496.
[illegible] 497.
[illegible] 498.
[illegible] 499.
[illegible] 500.
[illegible] 501.
[illegible] 502.
[illegible] 503.
[illegible] 504.
[illegible] 505.
[illegible] 506.
[illegible] 507.

406. *q̈orq̈uṭi*
407. *q̈očup*
408. *q̈urṭγarγali*
409. *q̈usar*
410. *q̈uṭ q̈iv*
411. *q̈uṭluγ*
412. *q̈uṭq̈arip*
413. *manglar*
414. *m(ä)n*
415. *m(ä)ngin*
416. *m(ä)ngigü*
417. *m(ä)ninng*
418. *munča*
419. *mundaγ*
420. *munmuš*
421. *munṭaγ*
422. *munṭurur*
423. *munṭrumunṭuz*
424. *nom*
425. *nung*
426. *ning*
427. *näčä*
428. *nä üčün*
429. *oδu*
430. *ofuṭsuz*
431. *oγaṭip*
432. *oγli*
433. *oγlan*
434. *oγri-h*
435. *oγulk̈a*
436. *oq̈iṭmis*
437. *ol*
438. *olursar*
439. *oluru*
440. *oluruγma*
441. *ornanmak̈i*
442. *ornanzun*
443. *orunṭa*
444. *oṭin*
445. *oṭ suv*
446. *ovuṭsiz*
447. *ovuṭsuz*
448. *ozk̈u*
449. *öčürür*
450. *öδgä*
451. *öδün*
452. *öng*
453. *ög*
454. *ögänip*
455. *ögrünčü*
456. *ögsüz*
457. *ögüṭmis*
458. *öküs*
459. *öküš*
460. *ölü*
461. *ölüg*
462. *ölüm*
463. *ölürür*
464. *ölürsär*
465. *öngü*
466. *önkün*
467. *öpünü*
468. *örgänmisin*
469. *örgin*
470. *örkä*
471. *örmäzčä*
472. *öṭägči*
473. *öṭrü*
474. *öṭükän ('il öṭükän)*
475. *öṭünü*
476. *öṭünürmän*
477. *öṭürṭüngüz*
478. *öz*
479. *üzä*
480. *üzä-bičä*
481. *özün*
482. *özüṭlär*
483. *özüṭmüz*
484. *sačip*
485. *sačl(i)γ*
486. *saq̈inṭi.*
487. *sak̈ins(a)r*
488. *saq̈ininng*
489. *säv*
490. *säkiz*
491. *s(ä)vär*
492. *siγurup*
493. *simaγli*
494. *simṭaγsiz*
495. *singar*
496. *siz*
497. *sizingä*
498. *sizniṭäg*
499. *sorilmiš*
500. *söδabärü*
501. *sok̈lunmiš*
502. *söz*
503. *sözläδim(i)z (ärsär)*
504. *sözläp*
505. *sözläyü*
506. *suq*
507. *sumaγδiqa*

[illegible] 508.
[illegible] 509.
[illegible] 510.
[illegible] 511.
[illegible] 512.
[illegible] 513.
[illegible] 514.
[illegible] 515.
[illegible] 516.
[illegible] 517.
[illegible] 518.
[illegible] 519.
[illegible] 520.
[illegible] 521.
[illegible] 522.
[illegible] 523.
[illegible] 524.
[illegible] 525.
[illegible] 526.
[illegible] 527.
[illegible] 528.
[illegible] 529.
[illegible] 530.
[illegible] 531.
[illegible] 532.
[illegible] 533.
[illegible] 534.
[illegible] 535.
[illegible] 536.
[illegible] 537.
[illegible] 538.
[illegible] 539.
[illegible] 540.
[illegible] 541.
[illegible] 542.
[illegible] 543.
[illegible] 544.
[illegible] 545.
[illegible] 546.
[illegible] 547.
[illegible] 548.
[illegible] 549.
[illegible] 550.
[illegible] 551.
[illegible] 552.
[illegible] 553.
[illegible] 554.
[illegible] 555.
[illegible] 556.
[illegible] 557.
[illegible] 558.
[illegible] 559.
[illegible] 560.
[illegible] 561.
[illegible] 562.
[illegible] 563.
[illegible] 564.
[illegible] 565.
[illegible] 566.
[illegible] 567.
[illegible] 568.
[illegible] 569.
[illegible] 570.
[illegible] 571.
[illegible] 572.
[illegible] 573.
[illegible] 574.
[illegible] 575.
[illegible] 576.
[illegible] 577.
[illegible] 578.
[illegible] 579.
[illegible] 580.
[illegible] 581.
[illegible] 582.
[illegible] 583.
[illegible] 584.
[illegible] 585.
[illegible] 586.
[illegible] 587.
[illegible] 588.
[illegible] 589.
[illegible] 590.
[illegible] 591.
[illegible] 592.
[illegible] 593.
[illegible] 594.
[illegible] 595.
[illegible] 596.
[illegible] 597.
[illegible] 598.
[illegible] 599.
[illegible] 600.
[illegible] 601.
[illegible] 602.
[illegible] 603.
[illegible] 604.
[illegible] 605.
[illegible] 606.
[illegible] 607.
[illegible] 608.
[illegible] 609.

508. *sürüp*
509. *suv*
510. *ṭaq̈i*
511. *ṭalula(y)im*
512. *ṭamk̈a*
513. *ṭamu*
514. *ṭamudak̈i*
515. *ṭanmiš*
516. *ṭanuq̈un*
517. *ṭapinalim*
518. *ṭaplasar*
519. *ṭapṭuk̈ṭa*
520. *ṭarṭar*
521. *ṭarṭišliγ*
522. *ṭasγaru*
523. *ṭasiq̈ip*
524. *ṭasilṭi*
525. *ṭäzδi*
526. *ṭägdä*
527. *ṭägδi*
528. *ṭäginng*
529. *ṭäginür*
530. *ṭägiṭükümüz*
531. *ṭägzinüür*
532. *ṭäkimligčä*
533. *ṭäkšürüp*
534. *ṭ(ä)ngriδm*
535. *ṭ(ä)ngrikän*
536. *ṭ(ä)ngrim*
537. *ṭ(ä)rs*
538. *ṭ(ä)gi*
539. *ṭ(ä)giṭlär*
540. *ṭiδim(i)z*
541. *ṭiginig*
542. *ṭiyür*
543. *ṭikär*
544. *ṭilayu*
545. *ṭilim(i)z*
546. *ṭilṭaγ*
547. *ṭinl(i)γ*
548. *ṭip*
549. *ṭirgüdsär*
550. *ṭirgürügli*
551. *ṭirnäg ṭ(ä)ngri*
552. *ṭisär*
553. *ṭiṭru*
554. *ṭiṭṭingiz*
555. *ṭolp*
556. *ṭon (ariγ ṭon)*
557. *ṭonluγ*
558. *ṭopraq̈k̈a*
559. *ṭöqälig*
560. *ṭörisi*
561. *ṭpizlig*
562. *ṭrqin*
563. *ṭuγa*
564. *ṭuγar*
565. *ṭuγδi*
566. *ṭuγk̈al*
567. *ṭuγum*
568. *ṭuγṭunguz*
569. *ṭuyumsuzun*
570. *ṭuyunup*
571. *ṭuyuzmaz*
572. *ṭuli*
573. *ṭul ṭon*
574. *ṭuraliγ*
575. *ṭurk̈urṭi*
576. *ṭuṭar*
577. *ṭuṭupanin*
578. *ṭuṭuru*
579. *ṭusbasinga*
580. *ṭuχṭurṭunguz*
581. *ṭuz*
582. *ṭük ṭümän*
583. *ṭüqäṭi*
584. *ṭüqülür*
585. *ṭüqäṭzün*
586. *ṭüqülṭi*
587. *ṭünärig*
588. *ṭüngṭärü*
589. *ṭöpösin*
590. *ṭürlüg*
591. *ṭüš*
592. *ṭüzä, ṭuza*
593. *ṭüzügü*
594. *ṭüzi*
595. *ṭüzün (tözön)*
596. *ṭvar*
597. *üδünṭi*
598. *uk̈maδin*
599. *uk̈iṭṭingiz*
600. *ulγurṭur*
601. *ulior*
602. *umaz*
603. *umuγ*
604. *uniṭmišlar*
605. *unṭa*
606. *unṭun*
607. *orδδu*
608. *uruγ*
609. *urupan*

610.	610.	*uruq̈a*
611.	611.	*uruχunguz*
612.	612.	*usinṭa*
613.	613.	*uszunlar*
614.	614.	*uṭunalim*
615.	615.	*uzanmak̈*
616.	616.	*uzaq̈i*
617.	617.	*uzǩurṭunguz*
618.	618.	*uzun*
619.	619.	*üč*
620.	620.	*üčün*
621.	621.	*üčünč*
622.	622.	*ügrünčülüg* (*ögrönč*)
623.	623.	*üngräki* (*öngrä*)
624.	624.	*ünṭürüp*
625.	625.	*üsṭünki*
626.	626.	*üzä-h*
627.	627.	*üzṭä büzṭä*

Ausgegeben am 9. April.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

SITZUNGSBERICHTE 1908. XX.

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

9. April. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. F. E. Schulze las über die Lungen des africanischen Strausses.

Durch stereoskopische Darstellung feiner Schnitte von Injectionspräparaten wird der sichere Nachweis erbracht, dass die letzten Endigungen des luftführenden Kanalsystemes der Straussenlunge nicht wie bei den Säugethieren aus blindendigenden, verzweigten, mit Alveolen besetzten Gängen, sondern aus einem allseitig anastomosirenden System von Luftcapillaren besteht, dessen Lücken von einem entsprechenden System der Blutcapillaren ausgefüllt sind.

2. Hr. Émile Boutroux, correspondirendes Mitglied, übersendet sein Werk: Science et Religion dans la philosophie contemporaine. Paris 1908; und Hr. A. Naville in Genf ein bei der dortigen Universität als Thèse eingereichtes Werk des inzwischen verstorbenen Pastors im Canton Neuchâtel Paul Dumont: Nicolas de Béguelin (1714—1789). Fragment de l'histoire des idées philosophiques en Allemagne dans la seconde moitié du XVIIIe siècle. Neuchâtel 1907.

3. Die Akademie hat durch ihre philosophisch-historische Classe zu wissenschaftlichen Unternehmungen bewilligt: Hrn. Schmidt zur Herausgabe einer von dem verstorbenen Bibliothekar Dr. Adalbert Schroeter im Manuscript hinterlassenen Geschichte der lateinischen Lyrik der Renaissance 750 Mark; Hrn. Oberlehrer Dr. Ernst Gerland in Homburg v. d. H. als erste Rate zur Bearbeitung und Herausgabe eines Corpus notitiarum episcopatuum ecclesiae orientalis graecae 1000 Mark; Hrn. Prof. Dr. Oskar Mann in Berlin zur Fortsetzung seiner Forschungen über Kurdistan und seine Bewohner 1800 Mark; Hrn. Prof. Dr. Siegfried Sudhaus in Kiel zu einem Aufenthalt in Neapel behufs Vergleichung der dortigen das Werk περὶ φύσεως des Epikuros enthaltenden Papyri 900 Mark.

Die Lungen des afrikanischen Straußes.

Von Franz Eilhard Schulze.

Hierzu Taf. IV.

Wie bei allen Vögeln, nehmen auch beim afrikanischen Strauß die im wesentlichen gleich gebildeten Lungen die dorsale Region der beiden Thoraxhälften neben der Wirbelsäule ein und reichen vom ersten Thoraxrippenpaare bis zu den Nieren. Mit ihrer konvexen Dorsalfläche sind sie dem Brustkorb durch eine Schicht lockeren Bindegewebes in ganzer Ausdehnung angeheftet.

Die schwach konkave Ventralfläche ist von einer gewöhnlich als Diaphragma pulmonale bezeichneten, aber auch wohl Pleura genannten derben fibrösen Aponeurose glatt überzogen. Diese mit der Lunge selbst durch lockeres Bindegewebe verlötete Membran setzt sich aus drei Schichten zusammen, nämlich aus einer äußeren (dorsalen), der Pleura entsprechenden lockeren Bindegewebsschicht, ferner aus einer mittleren als Diaphragma anzusehenden direkten Fortsetzung der Mm. costipulmonales und drittens aus der mit dieser derben Faszie verwachsenen dorsalen Wand der drei anliegenden mittleren Luftsäcke.

Von der medianen Region der Leibeshöhle, welche den Darm mit seinen Annexen enthält, sind die im lateralen Teil jederseits hintereinander gelegenen und miteinander verwachsenen drei Luftsäcke geschieden durch eine derbe Membran, welche durch Verwachsung des Peritoneum parietale mit den betreffenden Luftsäcken entstanden ist und sich zwischen ventraler Beckenwand, Wirbelsäule, Herzbeutel, Sternum und muskulöser Bauchwand, den Leibesraum schräg durchsetzend, ausspannt. Von Huxley ist sie als Septum obliquum, von anderen Autoren als Diaphragma thoraco-abdominale benannt.

Beim Strauß ist das Septum obliquum besonders kräftig entwickelt und zumal in seiner am Beckenrande entspringenden hinteren dorsalen Ursprungspartie durch Dicke und Festigkeit sowie durch eine deutliche, in lateriventraler Richtung ziehende Faserung ausgezeichnet. Die histologische Untersuchung dieser derben parallelfaserigen Platte ergibt fibrilläres Bindegewebe mit reichlichem Gehalt an

starken elastischen Fasern, aber keine Muskelfasern, welche Sappey hier annahm.

Nach Entfernung des Darmes und des Herzens erhält man durch teilweises Abtragen der Luftsäcke bis auf ihre dorsalen Ursprungszonen eine gute Gesamtansicht des Diaphragma pulmonale und seiner Muskeln. Es lassen sich drei hintereinander[1] liegende Regionen unterscheiden, welche den drei mittleren Luftsäcken, dem Saccus clavicularis, praethoracalis und postthoracalis, entsprechen und durch deren beide Querscheidewände deutlich voneinander abgegrenzt sind. Unmittelbar vor dem Vorderrande der Regio clavicularis liegt (nur etwa 4 cm von der Trachea entfernt und noch außerhalb des Saccus clavicularis) die etwa 8 mm weite Zugangsöffnung des in der seitlichen Halsgegend gelegenen Saccus cervicalis, das Ostium cervicale.

Im lateralen Teil der Regio clavicularis bemerkt man jederseits die große, etwa 2 cm weite ovale Zugangsöffnung des Saccus clavicularis, das Ostium claviculare, an dessen etwas verdickten Vorderrand sich die 2 cm breite, stark abgeplattete kurze Sehne des von der lateralen Vorderecke des Sternum entspringenden M. sterni-pulmonalis inseriert. Die medikaudale Umrandung dieses Ostium wird dagegen von einer etwas überragenden, ziemlich scharfkantigen Lippe, die laterale durch einen tieferliegenden, niedrigen halbmondförmigen Wulst gebildet.

Die vor der Trachea ziemlich weit nach vorn sich ausdehnende und die Trachea sogar teilweise umgreifende Mittelpartie des Saccus clavicularis ist jederseits von den seitlichen Regionen abgegrenzt durch eine dünne membranöse Scheidewand, welche nach hinten zu in die Herzbeutelwand übergeht.

Am Lateralrande der Regio clavicularis, praethoracalis und postthoracalis sieht man die fünf vom Ventralrande der 2.—5. Thoraxrippe entspringenden, etwas fächerartig divergierenden, ziemlich kräftigen Zwerchfellmuskeln — Mm. costi-pulmonales — mit ihren kurzen Sehnenfasern in das Diaphragma pulmonale ausstrahlen. In einem Falle fand sich linkerseits außerdem noch ein schmales Muskelbündel, welches vom Ende der ersten Thoraxrippe entsprang und als erster Zwerchfellmuskel am Vorderrande des Ostium claviculare in das Diaphragma überging. In der Nähe des queren Vorderrandes des Saccus praethoracalis befindet sich hinter dem Lungenhilus und speziell dicht hinter der Vena pulmonalis das Ostium praethoracale mediale, in dessen Grunde oft ein schräges, zwei tieferliegende Zugangsöffnungen trennendes Septum bemerkbar wird. Eine zweite, ebenfalls in

[1] Die Ausdrücke »vorn« und »hinten« will ich hier im Sinne von »rostral« und »kaudal« gebrauchen.

den Saccus praethoracalis mündende, mehr lateral gelegene, erheblich kleinere Bronchialöffnung — das Ostium praethoracale laterale — hat eine mehr kreisrunde Form und einen etwas überragenden Vorderrand.

Die Regio postthoracalis zeigt an ihrem Lateralrande die sehnige Insertion der drei hinteren Mm. costi-pulmonales. Während deren vorderster, welcher von der vierten Thoraxrippe entspringt, nur etwa 3 cm breit ist und dicht am Vorderrande des Ostium postthoracale vorbeizieht, begrenzt der Vorderrand des über 10 cm breiten nächstfolgenden, welcher von der fünften Thoraxrippe entspringt, den Hinterrand dieser Öffnung. Die vordere, etwas mehr quergerichtete, 2—3 cm breite Portion dieses letzteren ansehnlichen Muskels schiebt sich mit ihrem medialen Ende etwas hinter seinen mehr oberflächlich gelegenen, schräg nach vorn ziehenden Hauptteil. Das zwischen den beiden eben genannten Zwerchfellmuskeln gelegene große Ostium postthoracale hat eine schrägovale Gestalt und eine etwas überragende Mediallippe. Während die mediale Partie dieses Ostium den einfachen weiten Zugang des entsprechenden Bronchus zeigt, finden sich in der Bodenfläche des lateralen Teiles noch einige kleine kreisförmige Bronchenöffnungen, und am lateralen Ende je eine etwas größere vordere und hintere querovale Öffnung. Der hinterste, etwa 3 cm breite Zwerchfellmuskel entspringt von der ersten Lendenrippe und zieht schräg nach vorn, um sich an dem hintersten Randteil des Diaphragma pulmonale zu inserieren.

Neben dem Medialrande dieses hintersten Zwerchfellmuskels bemerkt man (ungefähr 10 cm von der Medianebene entfernt) die am Kaudalrande der Lunge noch außerhalb des Saccus postthoracalis gelegene kleinfingerbreite Eingangsöffnung zum Saccus abdominalis — das Ostium abdominale.

Löst man die Lungen samt dem ihre Ventralfläche deckenden Diaphragma pulmonale und den zugehörigen Musculi costi-pulmonales vorsichtig von der inneren Thoraxfläche ab und nimmt zugleich mit diesen ihren Annexen jede Lunge als Ganzes aus dem Brustkorbe heraus, so überzeugt man sich leicht, daß die Musculi costi-pulmonales sich nicht an die Lunge selbst, d. h. an das Parenchym oder die Bronchen ansetzen, sondern, wie schon oben erwähnt wurde, mit ihren divergierenden Sehnenfasern hauptsächlich in die derbe Faszie ausstrahlen, welche mit der Luftsackwand zusammen das Diaphragma pulmonale ausmacht, und welche mit der Lunge selbst fast in ganzer Ausdehnung durch lockeres Bindegewebe nicht fester verbunden ist als diese letztere an ihrer konvexen Außenfläche mit der Thoraxwand. Nur an dem zugeschärften Lateralrande, ferner an einer schmalen

leistenartigen Längskante des Medialrandes der ganzen Lunge und endlich am Rande der verschiedenen Ostien, da wo die Bronchenschleimhaut in die Wand des zugehörigen Luftsackes übergeht, ist die Verbindung zwischen Lunge und Diaphragma eine festere.

Sowohl in der verdickten Randpartie jedes einzelnen Ostium als auch in dessen nächster Umgebung findet sich im Diaphragma eine dünne Ringfaserlage glatter Muskulatur, welche sich auswärts allmählich verdünnt und in einzelne Stränge auflöst — offenbar eine Fortsetzung der zirkulären Bronchialmuskellage. Besonders entwickelt ist dieses flach ausgebreitete Lager glatter Muskelfasern am Ostium praethoracale mediale, wo es mit einigen spärlichen Faserzügen bis zum Ostium praethoracalelaterale vordringt und sich mit dessen Zirkulärfasern vereinigt.

Die Annahme liegt nahe, daß diese Sphinkteren der Ostien bei der Regulierung der Luftpassage zwischen den Bronchen und den zugehörigen Luftsäcken eine wichtige Rolle spielen.

Der Gestalt nach kann man die einzelne Lunge als eine schwach nach der Fläche gebogene dreieckige Platte mit abgerundeten Ecken bezeichnen, welche lateral keilförmig zugeschärft ist. Ihr längster dorsiventral breit gerundeter Medialrand, welcher unmittelbar neben der Wirbelsäule liegt, zeigt außer einem geraden, schmalen ventralen Randsaum, welcher mit der Wirbelsäule und Aorta descendens durch straffes Bindegewebe verbunden ist, sechs dicke, zwischen die Thoraxrippen vordringende schräge Wülste, Tori pulmonis. Zwischen diesen Tori finden sich vier ziemlich tief in die Lungensubstanz eindringende Kerben und ein fünfter, hinterster, mehr flacher Eindruck, welche alle den betreffenden Rippen entsprechen.

Der lateral etwas nach hinten abfallende Vorderrand schärft sich von seinem breit gewölbten Medialende bis zu der durch das Ostium claviculare markierten Lateralecke allmählich zu und setzt sich hier ohne scharfe Biegung in den etwas konvex vorgebauchten scharfkantigen hinteren Laterikaudalrand fort, welcher wiederum, an seinem Medikaudalrande sich verdickend, allmählich in den breiteren Medialrand übergeht.

Obwohl die Dimensionen der Straußenlunge zweifellos sowohl nach der Größe der einzelnen Tiere als auch nach dem Füllungs- und Kontraktionsgrade der Lunge selbst erheblichem Wechsel unterliegen, dürfte doch die Mitteilung einiger bei einem großen männlichen Strauße genommenen Maße von Interesse sein. Die Länge der nahe dem Medialrande von ihrer vordersten bis hintersten Spitze gemessenen Lunge betrug 30 cm, die größte Breite, welche sich etwas vor der Mitte der Längsausdehnung befindet, 18 cm und der stärkste,

etwa in der Mitte der ganzen Lunge gefundene Dickendurchmesser etwa 8 cm.

Die als Hilus zu bezeichnende Eintrittsstelle des freien Bronchus und der ihn begleitenden großen Blutgefäße befindet sich in ungefähr gleicher Entfernung vom Lateral- und Medialrande, aber ziemlich weit vor der Mitte der ventralen Lungenfläche. Unmittelbar hinter dem Eintritt des freien Bronchus liegt die Vena pulmonalis, dicht vor ihm die Arteria pulmonalis und medial von dieser letzteren, bei der rechten Lunge, die sich über den betreffenden Bronchus dorsal hinüberbiegende Aorta.

Der durch Knorpelhalbringe gestützte, an der medialen Seite häutige freie Bronchus erweitert sich gleich nach seinem Eintritt in die Lunge zu einem ampullenförmigen Raum, dem Vestibulum, von welchem in ventrimedialer Richtung vier größere, in einer geraden Längsreihe dicht hintereinanderfolgende Bronchen — die Ventralbronchen, Bronchi ventrales — (die Entobronchien Huxleys) abgehen. Nach hinten setzt sich das Vestibulum direkt in den großen, von Huxley als Mesobronchium[1] bezeichneten geraden Stammbronchus fort, welcher am Kaudalende der Lunge durch das Ostium abdominale in den Saccus abdominalis mündet.

Ebenso wie die Wand des freien Bronchus wird auch die Wand des Vestibulum durch eine Reihe parallel hintereinanderfolgender kräftiger Knorpelhalbringe gestützt, während die übrige Wandpartie häutig ist. Drei von diesen Knorpelspangen sind in ihrem mittleren Teile zu dreieckigen, in medialer Richtung vorspringenden Platten umgeformt und dienen so zur Festigung der schmalen Septa, welche die schrägen länglichen Eingangsöffnungen der vier Ventralbronchen voneinander scheiden und mit ihrem zugeschärften, halbmondförmigen freien Rande schräg von vorn und medial nach hinten und lateral in das Lumen des Vestibulum hineinragen.

---

[1] Daß Huxley nur diesen, vom Vestibulum in direkter gerader Richtung zum hinteren Lungenende führenden weiten Bronchus, nicht aber, wie Fischer in seiner Abhandlung »Über den Bronchialbaum der Vögel« (Zoologica 1905 S. 10) angibt, den ganzen, aus dem freien Bronchus, dem Vestibulum und dem »Mesobronchium« bestehenden Trakt, als Mesobronchium bezeichnet hat, ergibt sich aus folgenden Sätzen Huxleys (Proceed. Zoolog. Soc., London 1882, S. 563):

»Immediately after the bronchus has entered the lung, it enlarges somewhat, to form a dilatation which has been termed the vestibulum.«

»A trunk, which continues the direction of the bronchus through the centre of the parenchyma of the lung backwards leaves the posterior end of the posterior ventral margin in the posterior ostium, by which it opens into the posterior air sac. This trunk *may* be termed the *mesobronchium*.«

Und ferner: »Thus the mesobronchium and the first entobronchium are each connected with two air sacs.«

Die Grenze zwischen Vestibulum und Mesobronchium wird durch einen im medialen Teil der Wand gelegenen einfachen kräftigen Knorpelhalbring markiert.

Im Mesobronchium fallen zunächst zwei sich gegenüberliegende Längsreihen von Öffnungen größerer Seitenbronchen auf, eine längere medidorsale und eine kürzere laterale Reihe. Bei beiden nimmt die Öffnungsweite von vorn nach hinten ab.

Die Bronchen der ersten Reihe haben, da sie direkt zur äußeren, d. h. der dorsalen Fläche der Lunge, emporsteigen, von Huxley den Namen »Ektobronchien« erhalten, sind jedoch von Fischer neuerdings zweckmäßig in Dorsalbronchen — Bronchi dorsales — umgetauft worden. Ich werde diese letztere Bezeichnung beibehalten. Die bisher noch nicht besonders benannte Reihe der gegenüberliegenden, dem Lateralrande der Lunge zuziehenden Bronchen bezeichne ich als »Lateralbronchen«, Bronchi laterales.

Von den Dorsalbronchen fallen die sieben vorderen durch ihre Stärke auf. Die drei ersten haben querovale, die vier folgenden hinteren kreisrunde Öffnungen, welche sämtlich an ihrem Vorderrande eine etwas zugeschärfte Kante aufweisen. Auf die sieben vorderen folgen in derselben Längsreihe noch einige bedeutend kleinere und weniger regelmäßig gestellte Bronchen. Der hinterste (kaudale) Abschnitt des sich stark verengenden und dann wieder erweiternden, also im hinteren Endteile sanduhrförmigen Mesobronchium zeigt überhaupt keine Bronchenöffnungen mehr und setzt sich in eine aus der Lunge frei hervorragende, häutige, kleinfingerbreite Röhre fort, welche in den Saccus abdominalis übergeht.

Die Lateralwand des Mesobronchium zeigt auf der Grenze des vorderen und mittleren Drittels die weite Öffnung des Bronchus postthoracalis, deren Vorderrand sich in eine schräge nach hinten und innen vorragende, reichlich von glatten Muskelfasern durchzogene, aber nicht vom Knorpel gestützte Schleimhautfalte fortsetzt. Dieser auffallend weite und auf seinem geraden Wege zum großen Ostium postthoracale sich noch erheblich erweiternde Bronchus postthoracalis ist der erste in der Längsreihe der Lateralbronchen. Auf ihn folgen noch 6—7 minder große und nach hinten immer kleiner werdende Glieder dieser Reihe, welche ebenfalls sämtlich dem Lateralrande der hinteren Lungenpartie zustreben, ohne jedoch, wie der erste, in einen Luftsack zu münden. Sie ziehen auch nicht an der Lungenoberfläche hin wie die Ventral- und Dorsalbronchen, sondern verlaufen ganz im Innern des Lungenparenchyms selbst.

Eine dritte, wenn auch nicht ganz so regelmäßig geordnete Längsreihe von ausschließlich kleinen Bronchenöffnungen findet sich an der

Dorsalseite des Mesobronchium und mündet mit 7—9 rundlichen Löchern zwischen den Öffnungen der Dorsal- und Lateralbronchen in jenen Haupteingang ein. Der erste dieser intermediären (vielen Vögeln ganz fehlenden) Bronchen mündet lateral neben dem ersten Dorsalbronchus, der zweite in gleicher Höhe mit dem zweiten, und ebenso der dritte und vierte neben dem dritten und vierten Dorsalbronchus. Von da an hört aber diese Gleichstellung auf, und wird überhaupt die Ordnung der immer kleiner werdenden Öffnungen der hinteren intermediären Bronchen eine weniger streng durchgeführte, insofern sie nicht mehr ganz in einer Reihe gerade hintereinander folgen, sondern mehr unregelmäßig zerstreut stehen.

Eine etwas genauere Beschreibung verlangen die vier großen, vom Vestibulum in mediventraler Richtung abgehenden Ventralbronchen, deren erster, der Bronchus ventralis primus, sich zwischen die beiden vorderen Hauptäste der Vena pulmonalis durchdrängt und sodann eine erhebliche, flache, glattwandige, handförmige Erweiterung erfährt. Von dieser Verbreiterung gehen mehrere große vordere und mediale Zweige ab, aus deren Dorsalwand wieder zahlreiche kleine Nebenäste in das Lungenparenchym eindringen, während die an der Lungenoberfläche gelegene Ventralwand nur aus einer glatten, reichlich von Querbälkchen glatter Muskulatur durchzogenen Haut besteht.

Der erste (vorderste) große Zweig des Ventralbronchus I biegt sich um den Lungenhilus vorn in kurzem Bogen laterad herum, zieht darauf bis zur lateralen Ecke der Lunge und mündet hier mit einer trichterförmigen Erweiterung durch das weite Ostium claviculare in den Saccus clavicularis.

Auf diesen ersten Hauptzweig des Bronchus ventralis I möchte ich die von Fischer für den ganzen Bronchus ventralis I angewandte Bezeichnung »Bronchus clavicularis« beschränken.

Eine weitere Fortsetzung des Bronchus clavicularis bis zum Ostium praethoracale laterale, wie Fischer sie bei anderen Vögeln fand, bezw. eine direkte Verbindung mit dem Bronchus praethoracalis lateralis, kommt hier beim Strauß nicht vor, wenn sich auch einige seiner kleineren Endäste den Ausläufern des ebenfalls oberflächlich verlaufenden Bronchus praethoracalis lateralis nähern. Von den übrigen größeren Zweigen des Bronchus ventralis I verdient noch einer deshalb besondere Beachtung, weil er (unweit der abgerundeten medialen Ecke des vorderen Lungenrandes) durch das Ostium cervicale in den Saccus cervicalis ausmündet. Er ist von Fischer ganz passend als Bronchus cervicalis benannt. Die übrigen, meistens ebenfalls recht ansehnlichen Hauptäste des Bronchus ventralis I ziehen zum vorderen und medialen Lungenrande, fast bis zur Mitte (von vorn nach hinten gerechnet) des letzteren.

Der Bronchus ventralis secundus, von Fischer »Bronchus medialis« genannt, zieht hinter dem starken Mittelast der Vena pulmonalis vorbei als ein zunächst glattwandiges, später mit kleinen Dorsalästen reichlich besetztes Rohr in medikaudaler Richtung zwischen dem Verzweigungsgebiet des Bronchus ventralis I und III, schräg nach hinten und etwas medial. Vor seinem Ende gibt er mehrere größere, ebenfalls oberflächlich gelegene mediale Seitenzweige ab, die bis zum medialen Lungenrande reichen. Von diesem Bronchus ventralis secundus entspringen aber auch gleich hinter seiner Eingangspforte zwei sich gerade gegenüberliegende starke Äste. Der eine derselben dringt in dorsaler Richtung zwischen den beiden Hauptzweigen der Arteria pulmonalis durch in das Lungenparenchym ein und zieht ziemlich parallel mit dem an der ventralen Lungenfläche gelegenen Bronchus clavicularis im Bogen um das Vestibulum herum. Er ist in ganzer Ausdehnung ringsum mit kleinen, quer abgehenden Ästchen und Lungenpfeifen, Parabronchien, besetzt und hat von Fischer den Namen Bronchus clavicularis dorsalis erhalten.

Der andere Ast geht als ein kurzes glattes Rohr in gerader Richtung zu dem von Huxley »subbronchial ostium« genannten vorderen Teil des Ostium praethoracale mediale. Da er dem respiratorischen Lungenparenchym keine Luft zuführt, sondern nur in einen Luftsack (den Saccus praethoracalis) mündet, möchte ich ihn nicht als »Bronchus«, sondern einfach als »Ductus«, und zwar als Ductus praethoracalis, bezeichnen.

Der durch seine bedeutende Breite und Länge ausgezeichnete Bronchus ventralis III schickt gleich nach seinem Ursprung ähnlich wie der Bronchus ventralis II ein kurzes glattes Rohr in ventraler Richtung zum Ostium praethoracale mediale. Die ventrale Ausgangsöffnung dieses hinteren Ductus praethoracalis fließt mit der unmittelbar davorliegenden des Ductus praethoracalis anterior zum Ostium praethoracale mediale zusammen.

Während der vordere (Anfangs-) Teil dieses Bronchus ventralis III in einer Ausdehnung von etwa 3 cm glattwandig erscheint, zeigt die Dorsalwand seines langen und mehr als fingerbreiten Hauptrohres sowie seiner vorwiegend laterikaudal gerichteten, langgestreckten oberflächlichen Endzweige zahlreiche Eingangsöffnungen kleiner Dorsaläste und Parabronchien.

Der erheblich schwächere Bronchus ventralis IV biegt sich mit seinem glattwandigen Anfangsteil um den hinter ihm gelegenen starken Hinterast der Vena pulmonalis herum und verläuft dann, mit Dorsalästchen und Parabronchien reichlich besetzt, unter allmählicher Verengerung gerade nach hinten, ohne jedoch den Kaudalrand der Lunge

zu erreichen. Von seinem vorderen Drittel gehen zwei etwas stärkere Äste in lateraler Richtung quer ab, welche, ebenfalls ganz oberflächlich gelegen, über das Mesobronchium hinwegziehen.

Von dem schon oben, S. 419, erwähnten Ostium praethoracale laterale, welches laterikaudal neben dem Lungenhilus, dicht hinter der Scheidewand des Saccus clavicularis und praethoracalis liegt, geht der kurze oberflächlich gelegene Bronchus praethoracalis lateralis schräg nach vorn und lateral ab, breitet sich, ähnlich den 4 Ventralbronchen, mit seinen Ästen flach an der ventralen Lungenfläche aus und gelangt mit einigen dünnen Endzweigen bis in die Nähe der nach hinten gerichteten Terminaläste des vom Bronchus ventralis I stammenden Bronchus clavicularis. Er steht jedoch, wie schon oben, S. 422, erwähnt, mit keinem derselben in direkter offener Verbindung, so daß er hier beim Strauße wenigstens nicht die unmittelbare terminale Fortsetzung des Bronchus clavicularis bildet, welche bei anderen Vögeln beschrieben wird.

Der Bronchus postthoracalis, der größte Seitenast des Mesobronchium und der erste in der Längsreihe der Bronchi laterales, zieht, sich trichterförmig erweiternd, in laterikaudaler Richtung geradeswegs zu dem am Lateralrande der ventralen Lungenfläche gelegenen Ostium postthoracale. Merkwürdigerweise gibt er in seinem medialen und mittleren Teile, obwohl ringsum von respiratorischem Lungenparenchym umgeben, keine Seitenäste ab. Erst in dem stark verbreiterten lateralen Endteil, welcher den offenen dorsilateralen Grund des Ostium postthoracale bildet, finden sich außer 2 größeren noch mehrere kleinere Einmündungsöffnungen von Seitenästen. Die beiden größeren Öffnungen liegen an der Vorder- und der Hinterseite dicht neben dem lateralen Lungenrande. Jede entspricht einem besonderen, einige Zentimeter langen Bronchus, welcher unmittelbar unter der Ventralfläche in gerader Richtung neben dem Lateralrande hinzieht.

Die vom Mesobronchium ausgehenden 7 größeren Dorsalbronchen begeben sich zunächst in dorsaler Richtung direkt zur Lungenoberfläche, biegen hier fast rechtwinklig mediad um und breiten sich dann mit ihren Verzweigungen und gelegentlichen Anastomosen in ähnlicher Weise an der Lungenoberfläche flach aus wie die Ventralbronchen an der ventralen Lungenfläche. Der Bronchus dorsalis I versorgt mit zahlreichen Ästen ausschließlich die vordere Lungenpartie mit Einschluß des Torus I, während die dahinter gelegene Medialregion nebst Torus II und der vorderen Hälfte des Torus III vom ebenfalls reichverästelten Bronchus dorsalis II, die hintere Hälfte des Torus III und der Torus IV dagegen von Bronchus dorsalis III und seinen Verzweigungen durchlüftet wird.

Der Bronchus dorsalis IV verläuft als zunächst einfacher längerer Stamm in medikaudaler Richtung bis zum Torus V, wo er mit den Endzweigen des Bronchus dorsalis V zusammentrifft, welch letzterer mit zahlreichen Ästen außer dem Torus V auch dem Torus VI und VII Luft zuführt. Die hintere mediale und mittlere Randpartie der Lunge wird versorgt von dem schmalen Bronchus dorsalis VI und dem ganz schmächtigen Bronchus dorsalis VII, welche beide in rein kaudaler Richtung verlaufen und auch einige Seitenäste zur lateralen Partie des hinteren Lungenendes schicken.

Aus dieser Darstellung ergibt sich, daß beim Strauß ebenso wie bei anderen Vögeln die meisten größeren Bronchen samt ihren voluminöseren Ästen an der Lungenoberfläche verlaufen und erst von hier aus viele kleinere quer abgehende Seitenzweige bzw. Parabronchien in die Tiefe senden. Denkt man sich die ganze Lunge durch einen mitten zwischen ihren beiden breiten Grenzflächen geführten Flachschnitt in zwei ungefähr gleich große Hälften zerlegt, so wird die ventrale Hälfte zum bei weitem größten Teil versorgt von den aus dem Vestibulum entspringenden vier Ventralbronchen mit ihren Verzweigungen, während die dorsale Hälfte fast ganz von den Dorsalästen des Mesobronchium besonders den sieben großen Dorsalbronchen mit Luft versehen wird. Eine Ausnahme macht nur die keilförmig zugeschärfte dünne laterale Lungenpartie, welche in ihrem vorderen Teil von dem in der Tiefe verlaufenden Aste des Bronchus ventralis II, dem Bronchus clavicularis dorsalis, und dem an der ventralen Fläche gelegenen selbständigen Bronchus praethoracalis lateralis, in ihrem hinteren Teil dagegen von den Lateribronchen, darunter dem Bronchus postthoracalis und dessen beiden Ästen, dem Bronchus marginalis anterior und posterior, beteiligt wird.

Am medialen Lungenrande gehen die Endäste der ventralen und der dorsalen Bronchen vielfach ineinander über.

In der fibrillär-bindegewebigen, von elastischen Fasern reichlich durchzogenen Grundlage der Wand aller Bronchen findet sich ein Maschenwerk von vorwiegend zirkulär verlaufenden Balken glatter Muskulatur, welche bei den kleineren (unter 4 mm Durchmesser) Bronchen die Schleimhaut als Leisten und Falten in das Röhrenlumen vordrängen, während die Innenfläche der größeren Bronchen nahezu gleichmäßig glatt erscheint, soweit sie nicht von den Eingangsöffnungen kleinerer Seitenäste durchbrochen ist.

Nach der Angabe einiger Autoren, z. B. Gadow (in Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs), sollen bei allen Vögeln die Eingangsöffnungen auch der kleineren Bronchen und die Ostien der Luftsäcke von Knorpelringen oder Knorpelbogen gestützt sein. Dies trifft

wenigstens beim Strauß, nicht zu, wo Knorpelstücke nur im Vestibulum am Eingang der großen Ventralbronchen in Form von Spangen und Bogen zu finden sind. Um so kräftiger zeigt sich hier überall die glatte Muskulatur entwickelt.

Auch die für kleinere Vögel durchaus zutreffende Angabe der meisten Autoren, daß von den großen superfiziellen Bronchen unmittelbar die Parabronchien, (Lungenpfeifen) rechtwinklig in das Lungenparenchym abgehen, kann ich für den Strauß (wie auch für andere größere Vögel) nicht bestätigen. Vielmehr sehe ich hier in der Regel von allen größeren Bronchenstämmen, mögen sie nun an der Lungenoberfläche oder im Innern des Parenchyms verlaufen, nicht sogleich die Parabronchien (Lungenpfeifen) selbst, sondern zunächst die von mir als Parietalästchen bezeichneten, meist allerdings nur sehr kurzen Seitenzweige quer abgehen, welche sich gewöhnlich noch mit Seitenausläufern unmittelbar unter der derben Bronchenwand ausbreiten. Erst von diesen letzten seitlichen und terminalen Ausläufern der baumartig verzweigten Bronchenästchen gehen die Parabronchien zur Bildung des respiratorischen Lungenparenchyms quer ab. An manchen Stellen, so besonders am medialen und kaudalen Lungenrande und an der Dorsalseite des lateralen Lungenteiles, münden die Parabronchien in ein subpleurales, lakunöses, großblasiges Maschenwerk, welches von den anastomosierenden Terminalästen superfizieller Bronchen gebildet wird; oder es handelt sich um einfache blasige blinde Endauftreibungen von solchen Parabronchien, welche in parallelen Zügen aus der Tiefe aufsteigen und hier an der Oberfläche ein Mosaik terminaler Blasen bilden.

Die Parabronchien.

Von den ausschließlich der Luftleitung dienenden, verhältnismäßig dünnwandigen Bronchen unterscheiden sich prinzipiell und wesentlich die Parabronchien (oder Lungenpfeifen). Es sind dies bekanntlich gestreckte, gerade oder schwach wellig gebogene, vielfach anastomosierende, nahezu überall gleich weite Kanäle, deren relativ sehr dicke Wand fast ganz aus respiratorischem Parenchym besteht.

Ich ziehe den von Huxley herrührenden Namen »Parabronchien« als internationale Bezeichnung allen anderen für diese eigenartigen Gebilde der Vogellunge bisher benutzten Benennungen, wie »Lungenpfeifen«, Canaux tertiaires (Cuvier), Bronchial tubes (Rainey), Canaliculi aëriferi (ich selbst im Jahre 1871), Bronchi fistularii (Fischer) vor und möchte ihn zur allgemeinen Anwendung empfehlen. Dabei scheint es zweckmäßig, nicht allein solche Luftgänge als Parabronchien zu bezeichnen,

deren zentrales Ganglumen ringsum von zugehörigem respiratorischen Parenchym umgeben ist, sondern auch solche, welche nur zum Teil eine zugehörige respiratorische Wand haben, zum anderen Teil aber seitlich von einer nichtrespiratorischen, der Bronchenwand gleichenden, viel dünneren Haut begrenzt sind, wie dies besonders bei den an der Lungenoberfläche hinziehenden Kanälen häufig vorkommt. Jedoch dürfte es zweckmäßig sein, diese letzteren nur teilweise mit respiratorischer Seitenwand versehenen Röhren oder Halbröhren als »Hemiparabronchien« von den echten Parabronchien zu unterscheiden.

Die Parabronchien und Hemiparabronchien entspringen von den kleineren Bronchen oder Bronchenzweigen seitlich oder terminal als verhältnismäßig sehr dickwandige gerade oder leicht wellig gebogene Röhren von gleichmäßigem, etwa 2 cm betragendem Kaliber, welche in der Regel geschlängelt parallel verlaufen und häufig seitlich und terminal miteinander anastomosieren.

Bei vielen Vögeln sind die einander benachbarten Parabronchien durch mehr oder minder vollständig entwickelte Bindegewebssepta geschieden, welche nach Fischer nur den guten Fliegern fehlen sollen. Doch hat auch schon Huxley solche auf dem Querschnitt mehr oder minder regelmäßige sechsseitige Maschen bildenden Bindegewebsscheidewände beim Kiwi (*Apteryx*) vermißt. Hier, beim Strauß, fehlen sie ebenfalls, so daß das respiratorische Parenchym der benachbarten Parabronchien ohne scharfe Grenze in direkter Verbindung steht, und nur die größeren Blutgefäße hier und da das Grenzgebiet markieren. Die Breite der Parabronchien beträgt beim Strauß durchschnittlich 2 mm, variiert jedoch nicht unerheblich in den verschiedenen Regionen. Die Weite ihres auf dem Querschnitt ziemlich kreisförmigen Zentralkanals schwankt ebenfalls, kann jedoch durchschnittlich zu 0.7 mm angenommen werden. Das Lumen dieses Zentralkanales ist nicht direkt und unmittelbar von dem respiratorischen Parenchym begrenzt, wird vielmehr zunächst durch ein ziemlich weitmaschiges Balkennetz von starken, vorwiegend zirkulär gerichteten Strängen glatter Muskulatur umrahmt. Von diesen Hauptbalken ziehen in radiärer Richtung Bindegewebslamellen zum respiratorischen Rindenparenchym, wodurch Nischen oder Aussackungen (Huxley nannte sie »Fossulae«) umrahmt werden, in deren Grunde sich wieder ein tangentiales Netzwerk von Bindegewebsbalken ausbreitet. Dies ganze, von elastischen Fasern reichlich durchsetzte Balken- und Plattengerüst bildet die Seitenwand der kleinen radiären verästelten Zugangskanäle, welche die Luft vom zentralen Ganglumen der Parabronchien zu deren respirierendem Rindenparenchym führen und von Fischer als »Bronchioli« benannt sind. Doch rech-

net FISCHER dazu auch die bei vielen (keineswegs bei allen) Vögeln in das respiratorische Parenchym selbst mehr oder minder tief eindringenden und bereits von einem engen respiratorischen Blutkapillarnetz umsponnenen, spitzwinklig verzweigten Kanäle, welche als direkte Endausläufer jener nichtrespiratorischen Stämmchen erscheinen, aber überall seitlich und terminal, mit dem Netz der Luftkapillaren in offener Verbindung stehen.

Ich schlage vor, diese respiratorischen Endäste der radiären Bronchioli da, wo sie vorkommen, als »Bronchioli respiratorii« von den noch ausschließlich der Luftleitung dienenden Stammteilen (als den Bronchioli veri) zu unterscheiden, wie das ja ähnlich auch bei der allerdings ganz anders gebauten Säugetierlunge geschieht.

Bemerkenswert ist, daß nach HUXLEYS Angabe[1] auch beim Kiwi (*Apteryx*) die von mir soeben als Bronchioli respiratorii bezeichneten letzten Endzweige der Bronchioli veri fehlen.

Über den Bau des eigentümlich schwammigen, rein respiratorischen Parenchyms, welches den distalen Hauptteil, die Rinde, der Parabronchien ausmacht, gehen die Ansichten der Forscher weit auseinander.

Während einige Autoren als direkte Fortsetzung der Bronchioli ein allseitig anastomosierendes Netzwerk von gleichweiten feinsten Luftgängen oder »Luftkapillaren« gleichen Kalibers annehmen, dessen Lücken von einem ähnlich gestalteten Blutkapillarnetz eingenommen wird, finden andere die letzten Luftwege mit zahlreichen kleinen blinden Aussackungen versehen, welche, ähnlich den Alveolen der Säugetierlunge, von Blutkapillaren umsponnen werden.

Für die erstere Ansicht ist zuerst mit Entschiedenheit RAINEY eingetreten, welcher im Jahre 1849 folgende Darstellung[2] gegeben hat (a. a. O. S. 51): »It has been observed that the atmosphæric air which enters the birds' lungs, is not received into regularly formed celles, but that it passes into minute interstices between the vessels, the average diameter of which is about $^1/_{9600}$ of an inch, and some are even smaller.«; und zuvor (S. 50): »The capillaries, instead of being connected together by a membrane, and placed several of them upon the same plane, and these planes of vessels so disposed to-

[1] HUXLEY bemerkt (Proceed. Zool. Soc. Lond. 1882, S. 567): »In the Duck, as in most *Carinatæ* the fossulæ lead into branching passages (intercellular passages RAINEY) which radiate towards the periphery of the area of the parenchyma, which belongs to each parabronchium finally ending in the intercapillary passages. In *Apteryx* the fossulæ are mere shallow pits which open at once into the intercapillary passages.«

[2] RAINEY, On the minute anatomy of the lung of the bird, in Medico-chirurgical Transactions, London, Vol. XXXII.

wards one another as to divide the interior of the lung into square or polyhedral spaces, form by their frequent anastomoses upon different planes, and without any membrane connecting them excepted those capillaries which are situated nearest to the surface of the lobules[1], a kind of dense plexus, with no other separation between its vessels than the open areolae or meshes of the plexus which communicate freely through the whole of a lobule.«

Die gleiche Auffassung hat nebst manchen anderen Forschern, wie WILLIAMS, BOWMANN, MAX BAER, auch HUXLEY in seiner Bearbeitung der Apteryxlunge vertreten. Doch erst FISCHER[2] hat im Jahre 1905 eine genaue und ausführliche, auf ein umfassendes Material gestützte und mit zahlreichen guten Abbildungen illustrierte Darstellung in gleichem Sinne gegeben. Nach ihm (a. a. O. S. 24) verlaufen die zwischen das respiratorische Blutkapillarnetz vordringenden Äste der Bronchioli »meist bis dicht an die Peripherie ihres Pfeifenbezirkes, indem sie, ziemlich langgestreckt, sich dichotomisch spitzwinklig verzweigen und in ein Kanalwerk übergehen. Sämtliche Kanäle sind von gleicher Weite und kommunizieren allseitig miteinander, indem sie ein netzartiges Gefüge bilden, welches die gesamten Lungenpfeifen mehr oder weniger miteinander vereinigt«; und ferner S. 26: »Auf meinen Schnitten, die von injizierten Lungenstückchen von *Columba*, *Gallus*, *Buteo* und *Habropyges* hergestellt wurden, kann man deutlich sehen, wie die Bronchioli allmählich kleiner werdend in ein Luftkanalwerk auslaufen. Netzartig verbundene Röhrchen treten teils in ihrer Ebene getroffen auf, teils werden die Schnittflächen nach oben, unten und seitlich absteigende Kanäle sichtbar, ohne daß indessen alveoläre Bildungen aufzufinden sind.«

In betreff der Frage, ob diese feinsten anastomosierenden Luftkanälchen noch mit einer besonderen eigenen Wand ausgerüstet sind, oder ob sie keine anderen Wandungen besitzen als die der zwischen ihnen befindlichen Blutkapillaren, schreibt FISCHER, a. a. O. S. 26: »Sie (d. h. die früheren Forscher) scheinen mithin anzunehmen, daß die letzten Luftwege keine anderen Wandungen besitzen als die der Blutkapillaren selbst. Dahingegen dürfte es zweifellos sein, daß die feinen Luftkapillaren doch mit, wenn auch äußerst zarten, epithelialen Wandungen ausgerüstet sind.«

Die Ansicht von dem Vorhandensein kleiner blinder, alveolärer Aussackungen der verzweigten Bronchioli deutete zuerst EBERTH im

---

[1] Lobule = Parabronchie.

[2] FISCHER, Bronchialbaum der Vögel (in Zoologica) S. 24—26.

Jahre 1863 mit folgenden Worten an[1]: »Ich erkannte deutlich von den Pfeifen nach auswärts tretende, sich teilende Kanäle, deren feinste Ramifikationen in kleine geschlossene Anschwellungen mündeten. Es schienen sonach die Bronchialröhren mit kleinen Bläschen oder Träubchen besetzt.«

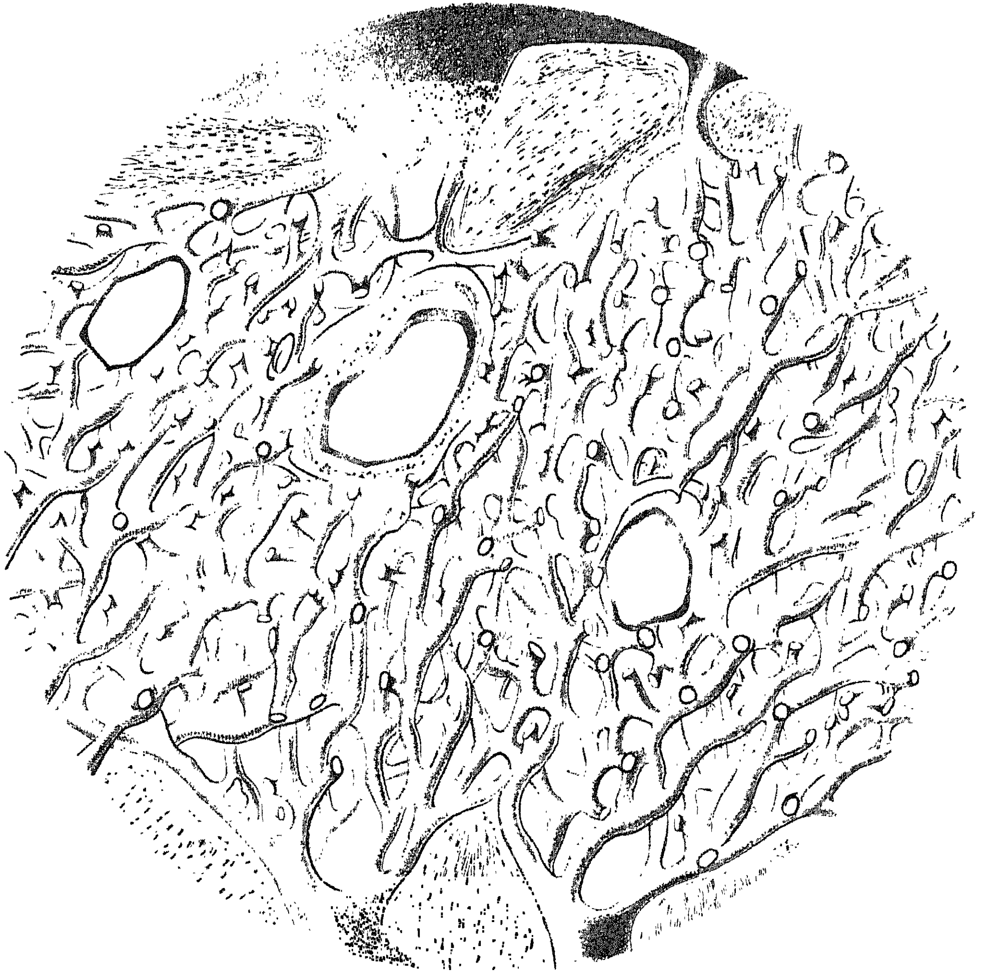
Einen bestimmteren Ausdruck hatte ich selbst im Jahre 1871 dieser Auffassung in Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben durch eine viel reproduzierte Abbildung, welche nach Schnitten aus leider unvollständig injizierten Vogellunge entworfen ist, nebst folgender Darstellung gegeben: »In das die voluminöse Wandung der Pfeifen darstellende Parenchym führen von jeder wabenartigen Seitennische (des zentralen Luftganges der Pfeife) einige senkrecht und radiär zur Längsachse der Pfeifen gerichtete Gänge, welche anfangs einfach und gerade, sich bald baumartig, und zwar vorwiegend spitzwinklig dichotomisch verzweigen und schließlich in kleine seitliche und terminale längliche Blindsäcke auslaufen, welche bei starker Füllung durch Injektionsmasse noch mit zahlreichen buckelförmigen Vortreibungen besetzt erscheinen.«

Von der Unrichtigkeit dieser meiner eigenen früheren Darstellung habe ich mich indessen später selbst an besser gelungenen Injektionspräparaten von verschiedenen Vögeln überzeugen können; und zwar bin ich schon längere Zeit vor dem Erscheinen der vortrefflichen Beschreibung von Fischer gerade an der Lunge des Straußes hinsichtlich des Luftkapillarnetzes zu Ergebnissen gekommen, welche, obwohl durch ein anderes Injektionsverfahren gewonnen, doch mit den von Fischer erhaltenen im wesentlichen übereinstimmen.

Von dem kurzen gedrungenen Stamm jedes Bronchiolus gehen beim Strauß einige Äste in radiärer Richtung ab. Diese strauchartig erscheinenden, im allgemeinen nur ganz kurzen Zweige lösen sich aber, sobald sie das vom respiratorischen Blutkapillarnetz durchsetzte schwammige Parenchym der Parabronchienwand erreicht haben, sofort in ein System nahezu gleichweiter, allseitig anastomosierender kapillarer Röhren von 6 μ bis 10 μ Durchmesser, der Luftkapillaren, auf, welche die rundlichen Lücken des respiratorischen Blutkapillarnetzes so vollständig ausfüllen, daß das eine System wie ein negativer Abguß des anderen erscheint.

Es fehlen also hier, ähnlich wie nach Huxley beim Kiwi, die bei den meisten anderen Vögeln mehr oder minder weit in das respiratorische Parenchym radial vordringenden Zweige der Bronchiolen, die Bronchioli respiratorii, welche zwar stets noch weiter sind als die

[1] Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 12, S. 433.



Luftkapillarnetz zwischen zwei Parabronchien; aus einer mit Karminleim vom Ostium praethoracale mediale aus injizierten Straußenlunge. Vergrößerung: $\frac{250}{1}$.

F. E. Schulze: Die Lungen des afrikanischen Straußes.

eigentlichen Luftkapillaren, aber doch schon ebenso wie diese vom respiratorischen Blutkapillarnetz umsponnen werden.

Obwohl meine Untersuchungen über die Frage nach der histologischen Beschaffenheit der Scheidewand zwischen den Luft- und Blutkapillaren noch nicht abgeschlossen sind, habe ich doch Grund, anzunehmen, daß die Wandungen beider ursprünglich selbständigen Kapillarsysteme zu einer Scheidewand verschmolzen sind, die sich aus den beiderseitigen Epithel- (bzw. Endothelzellen-) Lagen zusammensetzt, wahrscheinlich aber auch zwischen diesen beiden Epithellagen noch eine sehr dünne hyaline Membran enthält.

Ausgegeben am 30. April.

1908.
XXI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

23. April. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Diels.

*Hr. Burdach las über »Schrift und Sprachbewusstsein im Althochdeutschen«.

Die schriftliche Überlieferung des Althochdeutschen ruht auf der karolingischen Schriftreform und theilt mit dieser die grammatischen Tendenzen der christlich-litterarischen Renaissance Karl's des Grossen. Sie sucht mit den Mitteln der lateinischen Orthographie auszukommen, giebt daher nur einen Compromiss zwischen den gesprochenen Lauten und einer fixirbaren Normalform. Darüber hinausgehende Versuche, Quantität und Satzphonetik (Enklise, Wortkürzung, Anlautsassimilation) zu bezeichnen, dringen nicht dauernd durch. Die althochdeutsche Sprachwissenschaft muss in engerer Fühlung mit Ergebnissen und Methode der mittelalterlichen lateinischen Paläographie und Diplomatik und in gesteigerter Beachtung der urkundlichen Niederschriften unserer Sprachtexte die Bestimmung des graphischen oder lautlichen Werthes der mannigfach sich wandelnden Schreibungen einer Revision unterziehen.

Ausgegeben am 30. April.

1908.
XXII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

23. April. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

Hr. van't Hoff machte eine letzte Mittheilung aus seinen Untersuchungen über die Bildung der oceanischen Salzablagerungen: LII. Der Verband für die wissenschaftliche Erforschung der deutschen Kalisalzlagerstätten.

Es wird über den Stand der Untersuchungen Bericht erstattet, welche unter Leitung des auf Initiative des Hrn. Rinne gegründeten Verbandes für Salzlagerforschung in Angriff genommen sind. Im Anschluss daran wird die Untersuchung des Hrn. Boeke über das Vorkommen von Brom und Jod in den natürlichen Salzbildungen vorgelegt.

Untersuchungen über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen. (Schluß.)

LII. Der Verband für die wissenschaftliche Erforschung der deutschen Kalisalzlagerstätten.

Von J. H. van't Hoff.

Mit der Bearbeitung der Borate von Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium, welche die natürlichen Salzlager begleiten, ist die Aufgabe, die ich mir bei Verfolgung derer Bildung stellte, erledigt. Dieselbe umfaßte allerdings nur einen Teil des ganzen Gebiets, und auch bei der erwähnten Einschränkung konnte die Lösung nur in großen Zügen gegeben werden. Dennoch ist damit eine zusammenfassende Darstellung möglich geworden, deren Abschluß sich als zweites und letztes Heft meines kleinen Werkes »Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen« unter der Presse befindet.

Inzwischen ist von anderer Seite und in umfassender Weise die Erforschung der deutschen Kalisalzlager in die Hand genommen, und da die so in Entstehung begriffenen Arbeiten manchen Anschluß an die meinigen bieten dürften, sei auch dieses Unternehmens zum Schluß dieser Veröffentlichungen Erwähnung getan.

Die Initiative zur systematischen Durchforschung auf breiter Basis ging von Hrn. F. Rinne aus und wurde von Hrn. H. Precht und auch meinerseits nach Kräften unterstützt, so daß dem Projekt durch den Zweiten Deutschen Kalitag in Staßfurt (13. Mai 1906) eine vorläufige Gestaltung gegeben werden konnte in Form der nachher zu erwähnenden Leitsätze. Dieselben wurden einstimmig angenommen in der damaligen Versammlung, welche den Bezirksverein Sachsen-Anhalt und Hannover des Vereins Deutscher Chemiker sowie Teilnehmer aus der Kaliindustrie umfaßte. Diese Leitsätze waren folgende:

1. Die norddeutschen Salzablagerungen bilden eine Formation, welche bis jetzt einzig dasteht und welche durch den zur Gewinnung der Salze betriebenen intensiven Abbau teilweise als Dokument zu verschwinden droht.

2. Die Bildung derartiger Meeresausscheidungen hat in chemischer Beziehung eine weitgehende experimentelle Bearbeitung erfahren, erschöpfender wohl, als es bis jetzt für eine andere geologische Formation möglich war.
3. Die Salzformationen sind in mineralogischer und geologischer Hinsicht bis jetzt noch nicht hinreichend unter Zuhilfenahme der neueren Hilfsmittel, wie sie z. B. die Herstellung und Untersuchung von Dünnschliffen an die Hand gibt, erforscht worden.
4. Die betreffende Salzablagerung ist auch chemisch bis jetzt nicht unter Hinzuziehung der neueren wissenschaftlichen Errungenschaften, z. B. Trennung der einzelnen Mineralien, Radioaktivität u. dgl., systematisch bearbeitet.
5. Die Carnegie Institution in Washington hat eine synthetisch-geologische Untersuchung der plutonischen Gesteine in Angriff genommen, welche in mancher Hinsicht mit der Verfolgung der neptunischen Bildungen (unter denen die Salzlager wohl die chemisch wichtigsten und leichtest zugänglichen sind) Hand in Hand gehen könnte.
6. Die vorstehend erwähnten Tatsachen lassen es wünschenswert erscheinen, daß eine Zentralstelle geschaffen wird, in der vorläufig die wichtigeren Dokumente auf dem Gebiete der Salzablagerungen gesammelt, systematisch geordnet und mineralogisch, geologisch sowie chemisch untersucht werden. Mit diesen Arbeiten, welche etwa 5 Jahre beanspruchen dürften, könnte die Vorbereitung zur Aufstellung von Sammlungen aus den norddeutschen Salzlagern in einem kleinen Museum verbunden werden. Zugleich erscheint es zweckmäßig, die auf die Salzablagerungen usw. bezügliche Literatur möglichst vollständig zu beschaffen und zusammenzustellen.

Als inzwischen das Kalisyndikat, die Akademie der Wissenschaften und der Verein Deutscher Ingenieure materielle Unterstützung des geplanten Projektes zugesagt hatten, wurden durch einen Ausschuß, mit Hrn. Rinne als Geschäftsführer, die Satzungen eines Verbandes für die wissenschaftliche Erforschung der deutschen Kalisalzlagerstätten ausgearbeitet, welchem Verband alsbald über hundert Mitglieder sich anschlossen. Ein Arbeitsprogramm[1] wurde, wesentlich von den HH. Rinne und Precht, entworfen, während ich meinerseits das in Druck befindliche zweite Heft der »Salzablagerungen« benutzen werde, um auf wünschenswerte Untersuchungen hinzuweisen. Die Durchführung dieses Programms ist der persönlichen Initiative, nach gemeinsamer Bera-

[1] Bericht über den Dritten Deutschen Kalitag, Zeitschr. für angewandte Chemie, 1907, 1041.

tung, überlassen mit Unterstützung des in obiger Weise gegründeten Salzfonds. Die folgenden Arbeiten sind in dieser Weise eingeleitet:

Biltz: Untersuchungen über das Vorkommen und die Verbreitung der Ammoniumsalze und der Borsäure in den Kalisalzlagerstätten. Analyse silikatischer Einbettungen und der Salztone. Prüfung typischer Salzmineralien auf seltene Bestandteile.

Boeke: Physikalisch-chemische und mineralogische Studien über das Vorkommen von Brom und Jod in den Kalisalzlagerstätten. Die molekulare Konstitution des Carnallits.

Graefe: Untersuchung der Erdöle in den Kalisalzlagerstätten.

Jaenecke: Untersuchungen von Kristallisationen aus den Schmelzen der Salzgemische Chlornatrium, Chlorkalium, Chlormagnesium.

Johnson: Petrographische Studien über den Salzton und verwandte Gesteine.

Nacken: Studien über die Kristallisation der Sulfate von Magnesium, Natrium und Kalium aus der Schmelze.

Prandtl und Rinne: Untersuchungen über die Druckfestigkeit von Gips und Anhydrit.

Precht: Studien in Salzbergwerken über den Zusammenhang zwischen Erdwärme und Radiumwärme.

Przibylla: Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Kalisalzen und ihre Trennung mittels schwerer Flüssigkeiten.

Reinisch: Petrographische Untersuchung der Sylvinite.

Rinne: Petrographische Untersuchung eines Profils im Berlepschbergwerk.

Schütze: Literatur über Kalisalze.

Sommerfeldt: Kristallographische Studien über Natrium- und Kaliumsalze.

Stille: Untersuchung der Salzhorste bei Hannover mit Rücksicht auf ihre geologische Stellung inmitten des umgebenden Gebirges und in bezug auf die Struktur des Salzkörpers.

Tietjens: Löslichkeitsbestimmungen wichtiger Salze und Salzgemische.

Valentiner: Studien über das Verhalten von Sylvin, Carnallit und Kainit gegen Wärmestrahlung.

Wilke-Dörfurt: Vorkommen und Verbreitung von Rubidium und Lithium in den Kalisalzlagerstätten.

Jaeger: Kristallisation der Chloride von Kalium und Magnesium sowie des Carnallits aus alkoholischer Lösung.

Hochhut: Analyse von Urlaugen.

Cornu: Studien über die Farben der Kalisalze.

Eschweiler: Studien über die Gase in den Kalisalzlagern.

Hauswaldt-Behme: Sammlung photographischer Dokumente von Aufschlüssen in Kalisalzlagern.

Von diesen Arbeiten ist diejenige des Hrn. Nacken erschienen[1]. Die eine der von Hrn. Boeke geplanten Arbeiten hat zu folgenden Ergebnissen geführt.

Physikalisch-chemische und mineralogische Studien über das Vorkommen von Brom und Jod in den Kalisalzablagerungen.

Von Dr. H. E. Boeke
in Hannover.

Im Anschluß an die Untersuchungen von van't Hoff und seinen Schülern über die ozeanischen Salzablagerungen wurde durch zahlreiche Kristallisationsversuche die Rolle des Broms und des Jods bei der Ausscheidung der Natrium-, Kalium- und Magnesiumhalogenide aus Lösungen studiert.

Die Ergebnisse dieser Versuche wurden mit den natürlichen Vorkommnissen verglichen.

Bei der Feststellung des Kristallisationsschemas bezüglich der Lösungen und der Salze, bestehend aus Kalium, Magnesium, Chlor, Brom und Wasser, bei 25° ergab sich, daß Magnesiumchlorid- und Magnesiumbromidhexahydrat eine lückenlose Reihe von Mischkristallen bilden. Dasselbe ist der Fall beim Kaliumchlorid und Kaliumbromid.

Ebenso wie Magnesiumchlorid und Kaliumchlorid ein Doppelsalz, und zwar nur ein einziges, den Carnallit, bilden, vereinigen sich Magnesiumbromid und Kaliumbromid zu dem chemisch mit Carnallit übereinstimmenden Doppelsalz $MgBr_2 . KBr . 6H_2O$. Andere Doppelsalze bestehen zwischen Magnesium- und Kaliumbromid bei 25° nicht. Der Bromcarnallit unterscheidet sich in kristallographischer Hinsicht stark vom Carnallit, wenn sie auch beide dem rhombischen System angehören.

Der Carnallit ist imstande, Brom in isomorpher Mischung aufzunehmen, ebenso nimmt der Bromcarnallit Chlor in fester Lösung auf. Eine Lösung mit einem Molekularverhältnis von Brom zu Brom plus Chlor gleich 30.2 Prozent ist bei 25° mit den beiden Arten von Mischkristallen im Gleichgewicht. Die Analyse dieser Bodenkörper ergab eine übereinstimmende chemische Zusammensetzung, während der kristallographische Unterschied keine Verwechselung der beiden Mischkristallarten zuläßt. Nach diesen Ergebnissen ist das

[1] Nachrichten der K. Ges. der Wiss. zu Göttingen. Math.-physik. Klasse 1907.

System Carnallit-Bromcarnallit als ein Beispiel einer isodimorphen Reihe mit außerodentlich kleiner Mischungslücke anzusprechen.

Den obengenannten Ergebnissen gemäß besteht das Raumdiagramm der bei 25° gesättigten Salzlösungen, die aus Kalium, Magnesium, Chlor, Brom und Wasser in beliebigen Verhältnissen zusammengesetzt sind, aus vier Flächen: 1. für die Sättigung an Kaliumchloridbromid-Mischkristallen, 2. an Doppelsalzmischkristallen von dem Carnallittypus, 3. von dem Bromcarnallittypus und 4. für die Sättigung an Magnesiumchlorid-bromidhexahydrat.

Bei der Untersuchung der Kristalle, die sich aus gemischten Lösungen von Natriumchlorid und -bromid bei 25° bilden, wurde gefunden, daß Natriumchlorid nur eine geringe Fähigkeit hat zur Aufnahme von Brom in fester Lösung, auch wenn das Bromid in der Lösung im Vergleich zum Chlorid reichlich vorhanden ist. Bei einem Molekularverhältnis von Bromid zu Bromid plus Chlorid über 82.2 Prozent kristallisieren Dihydratmischkristalle von Natriumchlorid und -bromid aus, die mit dem schon bekannten Natriumbromiddihydrat isomorph sind.

Weil in den Lagerstätten immer Steinsalz als Begleiter der Kalium- und Magnesiumsalze auftritt, wurde der Einfluß einer gleichzeitigen Sättigung an Chlornatrium auf die Bromaufnahme des Chlorkaliums und des Carnallits studiert, und zwar bei kleinem Bromgehalt der Lösung. Es zeigte sich, daß die Mitanwesenheit des Chlornatriums keinen merklichen Einfluß ausübt. Umgekehrt vermehrt ein hoher Chlormagnesiumgehalt der Lösung die Aufnahmefähigkeit des Chlornatriums für Brom auf ungefähr das anderthalbfache. Ebenso wurde beim Chlorkalium eine gesteigerte Aufnahmefähigkeit für Brom infolge eines hohen Gehalts an Magnesiumchlorid in der Lösung beobachtet. Dieses Verhalten ist von großem Interesse in Hinsicht auf das natürliche Vorkommen von Sylvinit und Hartsalz, welche aller Wahrscheinlichkeit nach aus chlormagnesiumreicher Lösung auskristallisiert sind.

Zur Ermittlung eines Temperatureinflusses auf die oben beschriebenen Mischkristallbildungen wurden bei kleinem Bromgehalt der Lösung ebenfalls Kristallisationen bei 45° ausgeführt. Ein merklicher Temperatureinfluß hat sich aber nicht gezeigt.

Aus den obigen Kristallisationsversuchen konnte ein Schluß gemacht werden auf den relativen Bromgehalt der einschlägigen Salze beim Kristallisieren aus einer Lösung mit einem bestimmten Verhältnis von Brom zu Chlor. Die so gefundenen Zahlen stimmten mit dem natürlichen Vorkommen gut überein.

Zur näheren Prüfung der Verteilung des Broms in den Salzlagerstätten wurde ein Profil der Staßfurter Ablagerung von der Anhydritregion bis zum grauen Salzton aufgenommen und jedesmal über eine bestimmte Strecke der Brom-, Chlor- und Carnallitgehalt der Proben bestimmt. Es ergab sich, daß der Bromgehalt mit der Carnallitführung der Proben auf und ab geht, entsprechend der relativ großen Aufnahmefähigkeit des Carnallits für Brom. Der Bromgehalt, bezogen auf 100 g Carnallit, war in der Kieseritregion größer als in der eigentlichen Carnallitregion, was wohl durch eine Zersetzung des Bromids durch die Atmosphärilien in der infolge der Salzabscheidung untiefer werdenden Mutterlauge zu erklären ist. — Wie in Staßfurt wurde von mir auch in Salzdetfurth ein Profil der älteren Carnallitablagerung bearbeitet, desgleichen eins durch die jüngeren (deszendenten) Kalisalze der Salzdetfurther Lagerstätte.

In bezug auf die horizontale Verteilung des Broms ergaben die Analysen einer Anzahl von Carnallitproben aus möglichst weit in dem deutschen Kalisalzbezirke verteilten Bergwerken einen nur wenig wechselnden Bromgehalt; in den zentralen Partien des Bezirks wurde dieser durchweg etwas größer gefunden als am Rande, was sich wohl wiederum durch eine Zersetzung des Bromids in den wahrscheinlich untieferen Randteilen des Salzmeeres erklären läßt.

Auch der Sylvin der Lagerstätten wurde relativ stark bromhaltig befunden (etwa 0.25 Prozent Br), in Übereinstimmung mit den Kristallisationsergebnissen.

Schließlich wurde die Frage studiert, ob Jod ebenso wie Brom das Chlor in den Natrium-, Kalium- und Magnesiumsalzen isomorph vertreten kann. Es ergab sich, daß dem Jod die Fähigkeit, in die chemische Konstitution der Chlorsalze unserer Lagerstätten einzutreten, abgeht. Das wahrscheinlich in dem eintrocknenden Zechsteinmeere vorhandene Jodid muß sich also in den Endlaugen angehäuft haben. Es wird dabei von der Atmosphäre zersetzt sein, wie in dieser Hinsicht angestellte Versuche wahrscheinlich machten. Das hier geschilderte Verhalten des Jods kann das Fehlen der Jodide in den Salzablagerungen erklären.

Ist Jod in der Form von Jodat vorhanden gewesen, so muß es sich ebenfalls in den letzten Laugenresten angesammelt haben. Eine Zersetzung durch die Atmosphäre ist in diesem Falle aber nicht anzunehmen.

Ausgegeben am 30. April.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
XXIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

30. April. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Pischel las über die sprichwörtliche Redensart Ins Gras beissen.

Die Redensart kann nicht getrennt werden von romanischen Redensarten, wie französisch *mordre la poussière*, italiänisch *mordere la terra*, spanisch *morder la tierra*. Dass im Deutschen Gras an die Stelle von Erde oder Staub getreten ist, erklärt sich aus einem alten, indogermanischen Brauch, der bei Indern, Italikern, Germanen und Slaven nachgewiesen wurde. Darauf gehen auch die Ausdrücke *Strohmann* und *Strohwitwe* zurück.

2. Hr. Nernst legt eine Abhandlung von Hrn. Dr. Eucken vor: »Galvanische Polarisation durch Condensatorentladung; Anwendung auf die Nervenreizung«. (Ersch. später.)

Verf. hat die Differentialgleichungen der Polarisation für obigen Fall integrirt und ist speciell für das damit zusammenhängende Problem der elektrischen Nervenreizung zu einer einfachen Beziehung gelangt, die sich durch ein grosses Beobachtungsmaterial prüfen liess.

3. Hr. Diels überreichte das ersterschienene Heft des Corpus medicorum graecorum X 1, 1: Philumeni de venenatis animalibus eorumque remediis ed. M. Wellmann. Leipzig u. Berlin 1908; Hr. Vahlen: M. Tulli Ciceronis Paradoxa Stoicorum etc. ed. O. Plasberg. Fasc. I. Leipzig 1908; Hr. Rubner die italiänische Übersetzung seines Lehrbuchs der Hygiene: Trattato d'Igiene, vol. I. II. Mailand 1906. 1908.

4. Die Akademie hat durch die physikalisch-mathematische Classe Hrn. Prof. Dr. Ludolf Krehl in Heidelberg zu einem Stoffwechselversuch bei Diabetes 1800 Mark bewilligt, dagegen die im vorigen Jahre erfolgte Bewilligung von 2400 Mark zu Untersuchungen über die Veränderung der Wasserausscheidung durch Haut und Lunge bei

Aufenthalt an hoch gelegenen Punkten zurückgezogen, da Hr. Krehl von der Ausführung dieser Untersuchungen hat Abstand nehmen müssen.

Die Akademie hat das ordentliche Mitglied ihrer physikalisch-mathematischen Classe Hrn. Möbius am 26. April, das auswärtige Mitglied der philosophisch-historischen Classe Hrn. Theodor von Sickel in Meran am 21. April und das correspondirende Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe Hrn. Franz von Leydig in Rothenburg o.T. am 13. April durch den Tod verloren.

Ins Gras beißen.

Von R. Pischel.

Am Anfange seines neusten Romans »Die Tanzmamsell« schildert Joseph Lauff den Tod des alten Postmeisters Naatje Ingelaat. Er erzählt, daß der Dechant Dr. Steinberger zu dem Postmeister geht »mit den Heilssakramenten für christkatholische Menschen, die hier auf Erden nicht mehr mittun wollten« (S. 26), und daß bei dem Tone der Schelle, die der Meßjunge schwingt, die Leute aus den Häusern treten und verstört niederknien. Unter diesen Leuten befindet sich auch das Ehepaar Pitt Hoffmann, er, der Totengräber, sie, die Hebamme des Ortes. Es heißt dann wörtlich: »Und da knieten die beiden, wie die übrigen Menschen, sie, die sich freute, wenn sie so einem kleinen Wesen den Eingang ins Leben leichter machen konnte, und er, der sich einen Wacholder vergönnte, wenn einer den dunklen Salto mortale tat und ins Gras beißen mußte[1].«

Das ist die letzte Stelle, in der mir die Redensart *Ins Gras beißen* = *sterben* in der Literatur begegnet ist. Nach einer gütigen Mitteilung des Hrn. Professor Wunderlich, der den Buchstaben *G* für das Grimmsche Wörterbuch bearbeitet, findet sie sich zuerst im 13. Jahrhundert, hat aber dort nicht den Sinn von *sterben*, sondern wird von Schafen gebraucht, die weiden, bedeutet also soviel wie *Gras fressen.* In der Bedeutung *sterben* kommt sie zuerst vor bei Opitz und bei Olearius, also im 17. Jahrhundert[2]. Bei Olearius, Persianischer Rosenthal I, 19 heißt es: »*Viel haben müssen in der Frembde Hungers halben ins Grasz beissen* | *dasz man nicht weisz* | *wer sie gewesen seynd: Ihrer viel sterben* | *umb denen keine Thränen vergossen werden.*|«

Man könnte versucht sein, zwischen den Worten *Hungers halben* und *ins Grasz beissen* einen Zusammenhang herauszufinden und diese Stelle zur Erklärung der Redensart zu verwenden, etwa in dem Sinne, daß man annimmt, *Ins Gras beißen* sei ursprünglich von Menschen gebraucht worden, die in größter Not wie die Tiere Gras essen und

[1] Joseph Lauff, Die Tanzmamsell. Zwölftes Tausend. (Berlin 1908.) S. 25.

[2] Hr. Professor Wunderlich hat sein Material noch nicht durcharbeiten können. Seine Zusammenstellungen sind daher zunächst nur ein erster Versuch.

erst allmählich von der Todesgefahr auf den Tod selbst ausgedehnt worden[1]. Die Stelle bei OLEARIUS berechtigt indes zu einem solchen Schlusse nicht. Andere Stellen aber, die auf diese Erklärung hinweisen, sind mir nicht bekannt.

Man hat die Redensart *Ins Gras beißen* bisher auf dreifache Weise zu erklären versucht[2]. Einmal mit der sogenannten Notkommunion. Es war im Mittelalter üblich, daß Menschen, denen durch Mord oder im Kampfe ein schneller Tod drohte, Erdbrocken ergriffen und sie statt des Leibes Christi als letzte Wegzehrung zu sich nahmen. Es wird auch öfter erzählt, daß Laien Sterbenden, denen das heilige Abendmahl nicht mehr gereicht werden konnte, Erdbrocken in den Mund steckten, in der Überzeugung, daß die Wirkung dieselbe sein werde wie beim Genusse des Sakraments. Statt der Erdbrocken werden auch Brotkrümchen und Grashalme erwähnt.

Diese Erklärung ist jetzt wohl allgemein mit Recht aufgegeben worden. Grashalme werden bei der Notkommunion nur äußerst selten erwähnt, so daß es ganz unwahrscheinlich ist, daß sie Anlaß zu einer sprichwörtlichen Redensart gegeben haben sollten.

Die zweite Erklärung geht auf WEIGAND[3] zurück. Er meint, das Wort *beißen* sei nichts weiter als mittelhochdeutsch *beizen*, althochdeutsch *beizên* = *absteigen*, dann auch soviel als *unterliegen*. Er führt aus dem Heldenbuche an 442, 28:

da beist wolfdietereiche
da nider in das gras

und 361, 18:

er beiste von dem rossen
hin nyder auff das lant[4].

Dieses *beißen* ist später Gebrauch für *erbeizen* der gebildeten mittelhochdeutschen Literatur. So heißt es z. B. im Nibelungenlied 200, 3 ed. ZARNCKE:

Dô si in hêt empfangen, er si hiez ûf daz gras
erbeizen mit den frouwen, swaz ir dâ mit ir was.

---

[1] Diese Möglichkeit läßt z. B. SEEMANN, Hannöversche Sitten und Gebräuche in ihrer Beziehung zur Pflanzenwelt (Leipzig 1862) S. 53 zu, nach WANDER, Deutsches Sprichwörter-Lexikon (Leipzig 1870) s. v. *Gras*.

[2] RICHTER, Deutsche Redensarten (Leipzig 1889), Nr. 22, S. 38; BORCHARDT-WUSTMANN, Die sprichwörtlichen Redensarten im deutschen Volksmunde, 5. Auflage (Leipzig 1895), Nr. 468, S. 183; HOFFMANN-KRAYER, Archiv für das Studium der neueren Sprachen und Literaturen CXVII, 142. Die dort erwähnte Arbeit von FORD war mir nicht zugänglich. Diese Hinweise verdanke ich Hrn. RICHARD M. MEYER.

[3] Wörterbuch der deutschen Synonymen (Mainz 1852), I ² XX.

[4] Die Zitate sind nach der Ausgabe von KELLER (Stuttgart 1867), die Hr. ROETHE die Güte hatte für mich nachzuschlagen.

Aber weder *erbeizen* noch das in gleichem Sinne verwendete *beißen* wird in charakteristischer Weise mit *Gras* in Verbindung gebracht, ja, das Gras fehlt oft gerade da, wo wir es am ersten erwarten müßten, wenn die Redensart *Ins Gras beißen* auf dieses *erbeizen* zurückginge, nämlich, wo es sich um im Kampfe Verwundete oder Getötete handelt, wie z. B. Nibelungenlied 32, 7: *In dem starken sturme erbeizte manec man nider von den rossen.* Sprichwörtliche Redensarten pflegen nicht auf mißverstandene Worte zurückzugehen. Hier ist das um so unwahrscheinlicher, als *beißen* für *erbeizen* doch nur ausnahmsweise und gewiß nur dialektisch gebraucht wurde.

Die dritte Erklärung ist hergenommen von der Tatsache, daß tödlich verwundete Krieger häufig im letzten Todeskampfe Sand, Erde oder Gras mit dem Munde erfassen. Dafür beruft man sich auf zahlreiche Stellen in der Literatur von Homer an. So heißt es z. B. Ilias II, 417 πολέεϲ δ' ἀμφ' αὐτὸν ἑταῖροι πρηνέεϲ ἐν κονίῃϲιν ὀδὰξ λαξοίατο γαῖαν, und XI, 748 δύο δ' ἀμφὶϲ ἕκαϲτον φῶτεϲ ὀδὰξ ἕλον οὖδαϲ ἐμῷ ὕπο δουρὶ δαμέντεϲ. Ähnlich sagt Vergil, Aeneis XI, 418 *procubuit moriens et humum semel ore momordit*, X, 489 *et terram hostilem moriens petit ore cruento*, und Ovid, Metamorphoses IX, 61 *arenas ore momordi.* Daraus sind die romanischen Redensarten *mordre la poussière, mordere il suolo, mordere la terra, morder la tierra* u. a. entstanden.

Auch gegen diese Erklärung scheint zu sprechen, daß nur äußerst selten in dem erwähnten Falle vom *Grase* die Rede ist. Nun meint zwar Jacob Grimm[1], daß Erde, Staub, Gras als Symbol genommen immer denselben Sinn haben, und unter anderen Beweisen führt er unser *Ins Gras beißen* an, verglichen mit dem französischen *mordre la poussière.* Bloßer Austausch der Symbole dürfte aber kaum zur Erklärung einer sprichwörtlichen Redensart genügen. Erde und Staub sind leicht verständlich, Gras nicht in demselben Maße. Die deutsche Redensart von den romanischen zu trennen ist aber nicht möglich, und die für diese aufgestellte Erklärung durchaus wahrscheinlich. Es fragt sich also nur, ob es einen Weg gibt, auf dem man nachweisen kann, wie an Stelle der Erde und des Staubes das Gras getreten ist.

Und diesen glaube ich in einem Brauche zu finden, der sich bei Indern, Italikern, Germanen und Slaven nachweisen läßt, also indogermanisch sein wird, nämlich in der Sitte, in bestimmten Fällen Gras in den Mund oder in die Hand zu nehmen.

Bereits Liebrecht[2] hatte bei Besprechung dieser Sitte geäußert, man denke hierbei an die deutsche Redensart *Ins Gras beißen*, ob-

---

[1] Deutsche Rechtsaltertümer I 4, 154.

[2] Heidelberger Jahrbücher der Literatur (Heidelberg 1870) 63, S. 748.

wohl diese etwas Verschiedenes, wenn auch Verwandtes bedeute. Später aber hat er jeden Zusammenhang abgewiesen[1]. Mit dem Materiale, das Liebrecht vorlag, ließ sich auch der Beweis nicht gut führen. Die Inder, die auf kulturhistorischem Gebiet oft einigermaßen gutmachen, was sie auf rein historischem sündigen, bieten aber viel mehr Material, und es lohnt sich auf alle Fälle, dies zusammenzustellen, da es die Möglichkeit einer genaueren Erklärung der Redensart *Ins Gras beißen* immerhin nahelegt.

Elliot[2] s. v. *dánt tinká* sagt: The taking a straw, or piece of grass, in the mouth, to deprecate anger, or to express complete submission. The action is generally accompanied by standing on one leg, which puts the supplicant in a ludicrous position. The custom shews the reverence of the Hindús for the cow, the action implying, »I am your cow, and therefore entitled to your protection«. The custom is very old, and is alluded to in the inscription on the Lát of Fíroz-Shah, at Dehli: »Tears are evident in the eyes of the enemy's consort; blades of grass are perceived between thy adversaries' teeth« (As. Researches Vol. VII, p. 180). The image also is not rejected by the poets. Muhammad Aman Nisar says: »When the afflicted lover shewed his sallow face, Káfúr, through fear, seized the grass with his teeth«.

Die Inschrift, die Elliot zitiert, rührt von dem Cāhamāna Vīsaladeva-Vigraharāja her, dem Sohne des Avelladeva, von Śākambharī. Sie wurde zuerst vollständig von Colebrooke 1801 herausgegeben[3], zuletzt von Kielhorn[4], der als ihr genaues Datum den 9. April 1164 festgestellt hat. Der Anfang lautet:

aṃbho nāma ripupriyānayanayoḥ pratyarthidaṃtāntare |
pratyakṣāṇi tṛṇāni vaibhavamilatkāṣṭhaṃ yaśas tāvakaṃ ||

was Kielhorn übersetzt: »Tears forsooth are in the eyes of (thy) enemy's consort; blades of grass are perceived between (thy) adversary's teeth; thy fame fills the quarters with its glory.« Kielhorn hat dazu die Anmerkung Colebrookes veröffentlicht, wie sie sich in verbesserter Gestalt in dem Exemplar der Asiatic Researches findet, das Colebrooke gehörte und jetzt in der Universitätsbibliothek von

---

[1] Zur Volkskunde (Heilbronn 1879), S. 384.

[2] Supplement to the Glossary of Indian Terms (Agra 1845) = Memoirs on the History, Folk-lore, and Distribution of the Races of the North-Western Provinces of India. Edited, revised, and re-arranged by John Beames. 2 voll. (London 1869) I, 240. — *dánt tinká* = दांत तिनका bedeutet »Gras [zwischen den] Zähnen«.

[3] Asiatic Researches VII, 179 ff.

[4] Indian Antiquary XIX, 215 ff. (1890). Vgl. A List of the Inscriptions of Northern India (Calcutta 1899), Nr. 144.

Göttingen ist: »This alludes to the Indian custom, by which biting a blade of grass is a token of submission, and of asking quarter.« Colebrooke ist also, soweit ich feststellen kann, der Erste gewesen, der die indische Sitte erwähnte, und zwar spricht er von »biting a blade of grass«.

Die Ansicht Elliots, die Sitte sei aus der Verehrung zu erklären, die die Inder für die Kuh haben, ist schon deshalb unrichtig, da sie, wie wir sehen werden, indogermanisch ist. Auch Liebrecht weist sie als irrig ab. Die Sitte ist auch in Indien älter als die Verehrung der Kuh.

Zwei weitere Belege hat Fleet aus Merutuṅgas Prabandhacintāmaṇi beigebracht[1]. Merutuṅga hat seinen Prabandhacintāmaṇi im Jahre 1306 verfaßt. Er erzählt dort S. 82 ff. die Geschichte des Dhanapāla, der von seinem Bruder Śobhana zur Jaina-Religion bekehrt wird. Dhanapāla und Śobhana sind uns aus der Literatur gut bekannt. Dhanapāla ist der Verfasser eines Prākritwörterbuchs, der Pāïyalacchī, das er seiner eigenen Angabe nach im Jahre 972 n. Chr. verfaßt hat, eines Hymnus auf den Jina Ṛṣabha in 50 Strophen in Jaina-Māhārāṣṭrī und anderer Werke in Sanskrit, von denen uns nur Bruchstücke in Zitaten bekannt sind[2]. Śobhana ist der Verfasser der Caturviṃśatijinastuti »Loblied auf die 24 Jina«[3]. Obwohl als Zeit des Dhanapāla das 10. Jahrhundert ganz feststeht, versetzt ihn Merutuṅga doch in die Zeit des Königs Bhoja, also ins 11. Jahrhundert. Merutuṅga erzählt unter anderm, daß Bhoja einst eine Gazelle mit einem Pfeile durchbohrte und erwartete, daß Dhanapāla diese Tat verherrlichen werde. Dhanapāla aber machte dem Könige Vorwürfe, und als dieser darüber zornig wurde, sagte Dhanapāla S. 93 = S. 55 der Übersetzung von Tawney:

vairiṇo pi hi mucyante prāṇānte tṛṇabhakṣaṇāt |
tṛṇāhārāḥ sadaivaite hanyante paśavaḥ katham ||[4]

»Selbst Feinde erhalten die Freiheit, wenn sie bei Lebensgefahr Gras essen. Warum wird das Vieh getötet, das immer Gras frißt?«

Die zweite Stelle bei Merutuṅga steht auf S. 300 = S. 189 der Übersetzung von Tawney:

nātho naḥ Paramardy anena vadananyastena saṃrakṣitaḥ |
Pṛthvīrājanarādhipād iti tṛṇaṃ tatpattane pūjyate ||

---

[1] Journal of the Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland (JRAS.) 1906, S. 173, Anm. 1.

[2] Bühler, Pāïyalacchī S. 5 ff.; Pischel, Grammatik der Prākrit-Sprachen § 20. 35.

[3] Jacobi, ZDMG. 32, 509 ff.; Kāvyamālā, Part VII, S. 132 ff.

[4] Böhtlingk, Ind. Sprüche [2] 6294 liest *sadaiva te*.

»Weil unser Herrscher Paramardin durch Gras, das er in den Mund nahm, vor dem König Pṛthvīrāja gerettet wurde, wird in dessen (Paramardins) Stadt das Gras verehrt.«

Die erste Strophe hat Böhtlingk aus dem Subhāṣitārṇava in seine Indische Sprüche² 6294 aufgenommen ohne Angabe des Verfassers. Die zweite wird von Śārṅgadhara in seiner Paddhati 1254 zitiert und dem Vināyakapaṇḍita zugeschrieben, über den wir nichts wissen[1]. Da nach inschriftlichem Zeugnis[2] Paramardin von Pṛthvīrāja im Jahre saṃvat 1239 = 1183 n. Chr. besiegt wurde, kann Dhanapāla nicht Verfasser der Strophe sein, wie Merutuṅga angibt.

tṛṇaṃ bhakṣ »Gras fressen« wird gewöhnlich von Tieren gebraucht, wie gleich hinter der ersten Strophe Prabandhacintāmaṇi 93, 14 von einem Ziegenbocke:

saṃtuṣṭas tṛṇabhakṣaṇena satatam

»ich bin damit zufrieden, immer Gras zu fressen«.

Aber man braucht es auch von Menschen, wie Rāmāyaṇa 2, 21, 26 ed. Parab = 2, 18, 29 ed. Gorresio, wo Kausalyā zu Rāma sagt:

tvadviyogān na me kāryaṃ jīvitena sukhena ca |
tvayā saha mama śreyas tṛṇānām api bhakṣaṇam ||

»In der Trennung von dir gibt es für mich kein Leben und Glück; lieber will ich mit dir Gras essen.« In Stellen, wie dieser, stehen sich Tod und Grasessen ganz nahe.

Wie in der ersten Strophe aus dem Prabandhacintāmaṇi wird es auch Bṛhannāradīyapurāṇa 8, 35 von flüchtigen, in Furcht befindlichen Kriegern gebraucht:

ke cid vikīrṇakeśāś ca valmīkopari saṃsthitāḥ |
tṛṇāny abhakṣayan ke cin nagnāś ca viviśur jalam ||

»Einige stellten sich mit flatterndem Haare auf Termitenhügel, einige aßen Gras, einige stürzten sich nackt ins Wasser.«

Auch in erheblich älteren Stellen als den bisher angeführten wird stets hervorgehoben, daß das Gras in den Mund genommen wird. So sagt Bāṇa, der im 7. Jahrhundert schrieb, Harṣacarita 132, 10 (ed. Parab and Vaze, Bombay 1892) von dem König Prabhākaravardhana: *yaḥ parakīyenāpi kātaravallabhena raṇamukhe tṛṇeneva dhṛtenālajjata jīvitena* »der sich schämte, wenn im offenen Kampfe ein Feind am Leben blieb, geradeso wie über das Gras, das Feiglingen lieb ist, selbst

---

[1] Ob er identisch ist mit dem im Bhojaprabandha 14, 2 (ed. Bombay 1896) erwähnten Vināyaka, wie Aufrecht meint (Catalogus Catalogorum I, 577), ist zweifelhaft.

[2] Kielhorn, A List of the Inscriptions of Northern India No. 176.

wenn es von einem Feinde im Munde gehalten wurde«[1]. Der Kommentator bemerkt dazu: *tṛṇaṃ kātarair mukhe dhriyate* »Gras wird von Feiglingen im Munde getragen«. Der König schämte sich, wenn er im Kampfe einen Feind am Leben ließ, und er schämte sich sogar, wenn er einen Feind sah, der Gras im Munde hielt, weil dieser sich dadurch als Feigling erwies, und der König gezwungen wurde, ihn zu schonen.

Im Jaiminīya Aśvamedhaparvan 32, 29. 30 heißt es von dem Heere des Lakṣmaṇa:

gacchatā tena sainyena kṛtāḥ śuṣkāḥ samudragāḥ ¦
saritaḥ parvatāś cūrṇībhūtā vājikhurair dṛḍhaiḥ ‖ 29 ¦
vipināni sthalāny āsaṃs tṛṇaṃ śatrumukhe sthitam ‖ 30 ‖

»Von dem marschierenden Heere wurden die zum Meere fließenden Ströme ausgetrocknet, von den starken Hufen der Pferde wurden die Berge in Staub verwandelt, die Wälder wurden zu Flächen, Gras befand sich im Munde der Feinde.«

Mahābhārata 12, 98, 49 wird als Kriegsregel aufgestellt:

vṛddhabālau na hantavyau na ca strī naiva pṛṣṭhataḥ ¦
tṛṇapūrṇamukhaś caiva tavāsmīti ca yo vadet ‖

»Greise und Kinder darf man nicht töten, keine Frau, und nicht von hinten, keinen, der Gras im Munde hat, und keinen, der spricht: Ich ergebe mich dir.«

Bis in die Zeit des Buddha, also ins 5. Jahrhundert v. Chr., wird die Sitte verlegt in einer Erzählung, die uns Buddhaghosa in seinem Kommentare zum Dhammapada S. 212 ff. mitteilt[2]. Prasenajit, der mächtige König von Kośala, hatte die Erfahrung gemacht, daß die buddhistischen Mönche ihm nicht trauten. Um ihr Vertrauen zu gewinnen, beschloß er, sich mit Buddha zu verschwägern. Er schickte Boten zu den Śākyas, dem Geschlechte, aus dem Buddha stammte, und ließ um ein Śākyamädchen als Frau bitten. Die Śākyas gerieten dadurch in große Verlegenheit. Sie konnten dem Könige, der ihr Oberherr war, die Bitte nicht abschlagen, da er sie sonst vernichtet haben würde. Anderseits hielten sie ihn nicht für ebenbürtig, da

[1] Cowell und Thomas übersetzen S. 101: »even an enemy's life, that coward's darling, when kept like a straw in the mouth of battle, filled him with shame«. Es handelt sich aber um ein durchgeführtes Wortspiel *yaḥ parakīyena jīvitena raṇamukhe dhṛtena alajjata* und *yaḥ parakīyenāpi mukhe dhṛtena tṛṇena alajjata.* Das Adjektiv *kātaravallabhena* gehört sowohl zu *jīvitena* wie zu *tṛṇena.*

[2] Vgl. dazu Jātaka IV, 144 ff.; Avadānakalpalatā 11; Hardy, A Manual of Budhism S. 283 f.; Rhys Davids, Buddhist India S. 10 ff., und besonders Fleet, JRAS. 1906, 167 ff.

sie auf ihr Geschlecht überaus stolz waren, das sie bis auf Ikṣvāku, einen alten König aus dem Sonnengeschlechte, zurückführten. Auf Rat des Mahānāma, eines Onkels des Buddha, schickten sie dem Prasenajit als echte Śākyatochter ein schönes Mädchen, die Vāsabhakhattiyā, die Mahānāma mit einer Sklavin erzeugt hatte. Es gelang ihnen, den König zu täuschen. Prasenajit erhob die Tochter der Sklavin zu seiner Hauptgemahlin und erzeugte mit ihr den Viḍūḍabha. Bei einem Besuche, den der sechzehnjährige Viḍūḍabha den Śākyas in Kapilavastu machte, kam der Betrug an den Tag.

Eine Sklavin wusch die Bank im Rathause[1], auf der Viḍūḍabha gesessen hatte, mit Milch und Wasser ab, weil, wie sie schimpfend bemerkte, darauf der Sohn der Sklavin Vāsabhakhattiyā gesessen habe. Das hörte ein Soldat des Viḍūḍabha, der dorthin kam, weil er seine Waffe vergessen hatte, und erzählte es weiter, so daß es bald das ganze Heer wußte. Viḍūḍabha schwur, wie die Śākyas jetzt die Bank, auf der er gesessen habe, mit Milch und Wasser abwaschen ließen, so werde er, sobald er König geworden sei, die Bank mit dem Blute ihres Halses abwaschen lassen. Als er nun auf den Thron gekommen war, zog er mit einem großen Heere gegen die Śākyas. Dreimal trat ihm Buddha entgegen und veranlaßte ihn, umzukehren. Beim vierten Male aber ließ Buddha ihn gewähren, weil er erkannte, daß die Folgen einer Sünde, die die Śākyas in einer früheren Geburt verübt hatten (sie hatten Gift in einen Fluß geworfen), nicht aufzuhalten seien. Es kam zur Schlacht, und Viḍūḍabha gab den Befehl, alle zu töten, die sich Śākyas nannten, und nur die am Leben zu lassen, die in der Nähe seines Großvaters Mahānāma ständen. Dann heißt es bei Buddhaghosa wörtlich weiter:

Sākiyā gahetabbagahaṇaṃ apassantā ekacce tiṇaṃ ḍasitvā ekacce naḷaṃ[2] *gahetvā aṭṭhaṃsu* | *tumhe Sākiyā no ti pucchitā*[3] *te pana yasmā te marantā pi musāvādaṃ na bhaṇanti tasmā tiṇaṃ ḍasitvā ṭhitā no sāko tiṇaṃ ti vadanti naḷaṃ*[4] *gahetvā ṭhitā no sāko naḷo' ti vadanti* | *te ca*[5] *Mahānāmassa*[6] *santike ṭhitā ca*[7] *jīvitaṃ labhiṃsu* | *tesu tiṇaṃ ḍasitvā ṭhitā Tiṇasākiyā nāma naḷaṃ gahetvā ṭhitā Naḷasākiyā nāma jātā* | *avasese khīrapāyake pi dārake avissajjetvā ghātāpento lohitanadiṃ pavattetvā tesaṃ galalohitena phalakaṃ dhovāpesi* | *evaṃ Sākiyavaṃso Viḍūḍabhena ucchinno* ||

---

[1] Statt *Satthāgāre* ist Dhammapada 217, 25. 31 zu lesen *santhāgāre*.
[2] Ed. *nàlam.*
[3] Ed. *pucchi.*
[4] Ed. *nalaṃ.*
[5] Ed. *tesu.*
[6] Ed. add. *ca.*
[7] Ed. om. *ṭhitā ca.*

»Da die Śākyas keinen Ausweg sahen, so bissen einige in Gras, andere ergriffen ein Schilfrohr. Und als sie gefragt wurden, ob sie Śākyas seien oder nicht — auch dem Tode nahe reden sie nicht die Unwahrheit —, so sagten die, die in Gras gebissen hatten: »Es ist nicht Gemüse (*sāko*), (sondern) Gras«, und die, die ein Schilfrohr ergriffen hatten: »Es ist nicht Gemüse, (sondern) ein Schilfrohr.« Und diesen und denen in der Nähe des Mahānāma wurde das Leben geschenkt. Die, die in Gras gebissen hatten, wurden »Gras-Śākyas«, und die, die ein Schilfrohr ergriffen hatten, wurden »Schilfrohr-Śākyas« genannt. Alle anderen, sogar die Kinder an der Mutterbrust, ließ (Viḍūḍabha) ohne Ausnahme töten, und indem er einen Strom von Blut hervorbrachte, ließ er mit dem Blute ihres Halses die Bank abwaschen. So wurde das Geschlecht der Śākyas von Viḍūḍabha vernichtet.«

Sanskrit *śāka*, Pāli *sāka* bedeutet »Gemüse«. Nach den Lautgesetzen der neuindischen Sprachen, die sich in der Sprache der ältesten Inschriften vielfach wiederspiegeln, kann sich aber auch Sanskrit *Śākya* in *Sāka* wandeln. Sanskrit *Śākya* erscheint im Pāli als *Sākiya*, *Sakya* und *Sakka*, im Prākrit als *Sakka*. Statt kurzem Vokal mit folgender Doppelkonsonanz zeigen die Volkssprachen in der Regel langen Vokal mit einfachem Konsonanten. So wird Sanskrit *bhakta* (Speise, Nahrung) im Pāli und Prākrit *bhatta*, aber in Marāṭhī, Gujarātī, Bangālī, Oriyā, Hindī *bhāt*. Sanskrit *putra* (Sohn) wird im Pāli und Prākrit *putta*, aber in Bihārī *pūt*; Sanskrit *karṇa* (Ohr) wird im Pāli und Prākrit zu *kaṇṇa*, aber Bihārī *kān*[1]. Das Gesetz wird gerade in den östlichen Sprachen, um die es sich hier handelt, streng durchgeführt. Wie nun Sanskrit und Pāli *vākya* (Rede) im Prākrit zu *vakka*, in Maithilī aber zu *bāk* wird[2], so konnte im Dialekt der Śākyas genau entsprechend aus *Śākya* werden *Sāka*. Wenn also die Śākyas auf die Frage, ob sie Śākyas seien, antworteten *no sāko tiṇaṃ*, so bedeutete das sowohl: »Ich bin kein Śākya, (beachte das) Gras (und schone mich!)« als »Das ist kein Gemüse (*sāko*), (sondern) Gras«. Wir müssen annehmen, daß sowohl im Dialekte der Leute des Viḍūḍabha als in dem der Śākyas, die beide dem östlichen Indien angehören, das Sanskritwort *Śākya* neben der durch die Piprāvā-Inschrift belegten Form Sākiya auch die Form *Sāka* hatte. Es ist also nicht nötig, mit Fleet[3] vorauszusetzen, daß der Sprecher war »mumbling his words, of course,

[1] Hoernle, A Comparative Grammar of the Gaudian Languages (London 1880) § 145, 147.

[2] Grierson, An Introduction to the Maithilí Language of North Bihár (Calcutta 1881, 1882) II, S. 217.

[3] JRAS. 1906, S. 173. Die Ausführungen von Fleet, a. a. O. S. 162 f. sind sprachlich ganz unrichtig. *i* in *Sākiya* ist natürlich Teilvokal. *Sakiyanam* der Piprāvā-Inschrift kann unmöglich = *svakīyānām* sein.

so that they sounded as if he said, though he would not really say: *No Sākiyo*«. Die Worte enthalten eine reservatio mentalis.

Buddhaghosa, der in der ersten Hälfte des 5. Jahrhunderts n. Chr. lebte, hat gute, alte Quellen benutzt. Es ist daher nicht unwichtig, festzustellen, daß er den Ausdruck *tiṇaṃ ḍasitvā* = Sanskrit *tṛṇaṃ daṃṣṭvā* gebraucht, was ganz wörtlich »ins Gras beißend« oder »in Gras beißend« ist. Die Erzählung von der Vernichtung der Śākyas ist ohne Zweifel historisch. Gerade der Umstand, daß Buddhaghosa nicht, wie andere Quellen, das ganze Geschlecht der Śākyas untergehen läßt, sondern nur einen Teil, spricht für die Treue der Überlieferung. Ebenso die bestimmte Angabe, daß ein Teil der Śākyas später *Tiṇasākiyā* »Gras-Śākya«, ein anderer *Naḷasākiyā* »Schilfrohr-Śākya« genannt wurde. Das war gewiß kein Ehrentitel, sondern eine Bezeichnung, die ihnen wegen ihres feigen Verhaltens beigelegt wurde. Die Vernichtung der Śākyas und die Zerstörung von Kapilavastu fand der Tradition nach drei Jahre vor Buddhas Tode statt, also um 483 v. Chr. Die Sitte, ins Gras zu beißen, um sich vor dem Tode zu retten, wird uns also durch die Erzählung für das 5. Jahrhundert v. Chr. bezeugt.

Für die Neuzeit zitieren Cowell und Thomas (Harṣacarita S. 101, Anm. 4) aus Acworth's Maratha Ballads S. 43:

And 'twixt the teeth a straw is fit
For curs who arm but to submit.

Nach Molesworth, A Dictionary, Maráṭhí and English, Second Edition (Bombay 1857), s. v. दांत ist दांतीं तृण (तण, कड्याळ) धरणें »mit den Zähnen Gras halten« = to humble one's self; to acknowledge defeat or subjection; to profess submission, und nach s. v. कड्याळ (Holcus Sorghum) ist कड्याळ दांतीं धरणें = to seek refuge with, or acknowledge subjection unto: also to declare poverty and destitution. Für das Hindūstānī gibt Shakespear, A Dictionary, Hindūstānī and English, Second Edition (London 1820), für das Hindī Bate, A Dictionary of the Hindee Language (Benares 1875) s. v. *tinkā* die Redensart: *tinkā dāntoṅ meṅ lenā* »Gras zwischen die Zähne nehmen« im Sinne von to make submission, confess inferiority, or ask for quarter.

War kein Gras zur Hand, so steckte man statt des Grases die Finger in den Mund. So erzählt Kalhaṇa, Rājataraṅgiṇī 7, 86, von den beiden Begleitern des Tuṅga, daß es ihnen, als Tuṅga im Königspalaste ermordet wurde, schleunigst in den Leib kam[1], und daß

---

[1] Die Entleerung bei Angst wird von Menschen und Tieren oft erwähnt; z. B. Mahābhārata 3, 119, 14; 146, 46. 49; 5, 83, 56; 6, 1, 18; 44, 12; 7, 18, 10; 88, 24; 115, 28; 129, 18; 156, 68; 175, 38; 8, 61, 74; 9, 25, 32; 10, 8, 91; Aṅguttaranikāya IV, 33; Saṃyuttanikāya XXII, 78, 5; Jātaka II, 342, 25; Mahāvastu II, 70, 9. Nach Gellius, Noctes Atticae XIX, 4 hatte Aristoteles in den Problemata physica darüber gehandelt.

sie, um geschont zu werden, viehisch die Finger in den Mund steckten und ihre Waffe fallen ließen:

tābhyām āśuvirekibhyāṃ trāṇārthaṃ svāṅgulīr mukhe |
kṣipadbhyāṃ paśuvat tatra śastraṃ trāsavaśāj jahe ||

STEIN vergleicht in seiner Übersetzung I, 274, Anmerkung, ganz richtig die Finger mit dem Gras. Er meint, offenbar im Anschluß an ELLIOTS oben S. 448 erwähnte Erklärung, Menschen seien dadurch unverletzlich geworden, daß sie sich symbolisch als Tiere bezeichneten. Das ist aber in dieser Allgemeinheit noch weniger richtig als ELLIOTS Erklärung. Tiere werden doch viel unbedenklicher getötet als Menschen, und die erste auf S. 449 angeführte Strophe spricht direkt gegen STEINS Erklärung. In der Rājataraṅgiṇī soll *paśuvat* »wie das Vieh«, »viehisch« offenbar auf das sonst übliche Gras hinweisen. Es liegt also ein abgekürzter Vergleich (*luptopamā*) vor. Die Begleiter Tuṅgas steckten die Finger in den Mund, wie sonst in gleicher Lage nach Art des Viehes Gras in den Mund genommen wird. Ich komme darauf gleich noch zurück.

Mit dieser Verwendung des Grases als Beruhigungsmittel steht scheinbar im Widerspruch, daß Gras und Wasser zur Herausforderung gebraucht wird. Auf diese Sitte haben TAWNEY[1] und FLEET[2] aufmerksam gemacht. Prabandhacintāmaṇi S. 161 = S. 97 TAWNEY wird erzählt, daß der Digambara Kumudacandra dem gelehrten Śvetāmbara Śrīdeva, um ihn zur Disputation zu veranlassen, Gras und Wasser ins Zimmer werfen ließ (*āśraye satṛṇam udakaṃ prakṣepitavān*), und S. 274 = 172 TAWNEY tut dasselbe der Śvetāmbara Malla mit den Buddhisten (*saugatamaṭheṣu tṛṇodakaprakṣepa*). Der Zusammenhang läßt keinen Zweifel daran, daß von einer Herausforderung die Rede ist. Das Gras spielt aber dabei dieselbe Rolle wie in der Sitte des Grasbeißens. Den Gegnern wird das Gras hingeworfen, damit sie es in den Mund nehmen und sich dadurch als besiegt erklären sollen.

Ein Grashalm ist das Bild der Schwäche und Wertlosigkeit. Man gebraucht *tṛṇaṃ kṛ* oder *tṛṇīkṛ* oder *tṛṇavat kṛ* oder *tṛṇaṃ man*, *tṛṇāya man* u. dgl. »für Gras achten«, wenn man ausdrücken will, daß man etwas gering schätzt oder verachtet. Als Rāvaṇa der Sītā einen Heiratsantrag macht, da weist sie ihn ab: *tṛṇam antarataḥ kṛtvā* (Mahābhārata 3, 281, 17 = Rāmāyaṇa 3, 56, 1 ed. Parab = 3, 62, 1 ed. Gorresio) = regarding him as something less than a straw (Protap Chandra Roy III, 829 mit Anmerkung) = disprezzando come vil cosa Râvano (Gorresio VIII, 5). Vgl. HOPKINS, The Great Epic of India (New York 1902) S. 415 und BÖHTLINGK s. v. *tṛṇa*. In denselben Gedankenkreis gehört es, wenn

[1] Prabandhacintāmaṇi S. 97, Anm. 6.
[2] JRAS. 1906, S. 173, Anm. 1.

König Hariścandra sich Gras auf den Kopf legt, als er sich als Sklave verkaufen will (Caṇḍakauśika 50, 2 ed. Calc. saṃvat 1924). Er will damit andeuten, daß er sich in fremde Hände zu geben bereit ist[1].

Liebrecht, der eine ähnliche Sitte auch für Deutschland bezeugt, verweist noch auf Campbell, Popular Tales of the Western Highlands II, 304: »he went to the fair and he took a straw in his mouth, to show that he was for taking service«. Tawney (Prabandhacintāmaṇi S. 210, wo Zachariae bereits auf Liebrecht, Grimm und das Caṇḍakauśika verwiesen hat), erwähnt, daß es in alter Zeit in England Sitte war, daß Leute, die sich als falsche Zeugen verdingen wollten, mit Strohhalmen im Munde dasaßen. Daraus erklärt sich, daß eine Person, die zu einem Unternehmen nur ihren Namen hergibt, also vorgeschoben wird, im Englischen *a man of straw*, bei uns »ein Strohmann« genannt wird. Im Sanskrit heißen die Menschen nachgebildeten Figuren, die man zum Verscheuchen des Wildes und der Vögel aufstellt, *tṛṇapuruṣaka* (Kādambarī ed. Peterson [3] 224, 3), Prākrit *taṇapurisa* (Hāla 751) »Strohmann«. Im Slang der englischen Buchdrucker ist *grass-hand* = »der Stellvertreter des Setzers«. Und so wird auch das englische *grass-widow*, *grass-widower*, unser *Strohwitwe*, *Strohwitwer* in diesen Zusammenhang gehören. Im Slang Dictionary wird *grass-widow* erklärt mit: »an unmarried mother; a deserted mistress«. In Indien aber wird es mit einem Schatten von Bosheit auf Frauen angewendet, die von ihren Männern getrennt leben, besonders wenn sie sich im Gebirge erholen, während die Männer in der Ebene ihrem Amte nachgehen[2]. Das ist auch unser Gebrauch von *Strohwitwe*. Mit dem Bilde des Grases oder Strohes verbindet sich hier zugleich der Begriff des schnell Vorübergehenden, der Schutzbedürftigkeit und, was wir wenigstens jetzt oft hineinlegen, der Bereitwilligkeit, sich hinzugeben. Der Strohwitwer wird erst nach dem Muster der Strohwitwe geprägt sein.

Das Wasser, das in den Erzählungen im Prabandhacintāmaṇi noch zu dem Grase hinzugefügt wird, soll die Siegesgewißheit und Geringschätzung gegenüber den Gegnern noch besonders betonen. In der Nāsik-Inschrift 2, 4 (Epigraphia Indica 8, 60) wird von dem Könige Siri-Sātakaṇi Gotamīputa gesagt, daß seine furchtlose Hand feucht war durch das Wasser, das er verteilte, um Schutz zu gewähren (*abhayodakadānakilinanibhayakarasa*). Bei Geschenken, Schwüren, Flüchen goß

---

[1] Das Programm des Dordrechter Gymnasiums von J. S. Warren: Alcestis en Savitri, Mythologie en Poesie. — De Stroohalm als Rechtssymbol (Dordrecht 1882; vgl. Friederici, Bibliotheca Orientalis 7, 39, Nr. 629), das Fritze in seiner Übersetzung des Caṇḍakauśika S. 49, Anm.**) erwähnt, habe ich nicht benutzen können.

[2] Yule and Burnell, Hobson-Jobson. Second Edition (London 1903) s. v. *Grass-widow*.

man zur Bekräftigung Wasser über die Hände oder berührte Wasser[1]. Damit steht ferner in Verbindung der Glaube, daß die Dämonen nicht das Wasser überschreiten, weshalb man einen Scheidenden nur bis ans Wasser begleitete; ferner, daß ein mit Wasser gefüllter Krug als glückbedeutend galt, weshalb er dem von der Reise Heimkehrenden ins Haus gestellt wurde, und anderes, worauf ich hier nicht näher eingehen will[2].

Der Gebrauch des Grases läßt sich bis in die vedische Zeit hinein verfolgen.

Cowell und Thomas haben (Harṣacarita S. 8, Anm. 1) bereits darauf hingewiesen, daß im Atharvaveda 6, 43 das Darbha-Gras als Mittel gegen den Zorn (*vimanyuka*) verwendet wird. In den Liedern Atharvaveda 19, 28—30. 32. 33 wird ein Amulett aus Darbha-Gras als Mittel angepriesen, lange zu leben, den Tod durch Alter zu finden (19, 28, 1; 30, 1; 32, 1. 3; 33, 1), die Feinde zu vernichten (19, 28, 1 ff.; 29, 1 ff; 30, 4; 32, 5. 6), den Träger bei allen Menschen beliebt zu machen (19, 32, 8). Dem Darbha-Gras werden 100 Panzer und 1000 Kräfte zugeschrieben (19, 30, 2); es wird Panzer der Götter und des Indra und den Körper schützend genannt (19, 30, 3. 4) Wer es bei sich trägt, dem scheren sie nicht die Haare ab, und ihn trifft kein Schlag auf die Brust (19, 32, 2). Als das Darbha-Gras entstand, da brüllte Parjanya im Meere unter Blitzen (Atharvaveda 19, 30, 5), d. h. die ganze Natur war in Aufregung. Aber das Kuśa-Gras kann alle Störungen der drei Welten beseitigen (Harṣacarita 13, 3).

Zwei Halme des Darbhagrases spielen beim Tieropfer eine Rolle. »Ein Tier opfern« wird im Sanskrit euphemistisch »ein Tier beruhigen« (*paśuṃ śamaya-*) oder »ein Tier begütigen« (*paśum āprī*) genannt. Die alten Hymnen des Ṛgveda, die beim Tieropfer verwendet wurden, heißen *Āprīsūkta* »Lieder der Begütigung«. Wenn das Tier zum Opfer herbeigetrieben wird, ist die erste Handlung, daß der Adhvaryu, der Opferpriester, zwei Darbhahalme, die nicht von der Opferstreu genommen werden dürfen, und einen reichbelaubten Zweig der Ficus infectoria (*plakṣa*) ergreift und mit den Halmen, eventuell auch dem Zweige, das Tier berührt. Nach Hersagung von Sprüchen werden Halme und Zweig sorgfältig beiseite gelegt. Dasselbe wiederholt sich unmittelbar vor der Tötung des Tieres. Der eine Halm wird dann mit der Spitze nach Osten oder Norden auf die Erde geworfen

[1] Dubois, Mœurs, institutions et cérémonies des peuples de l'Inde II, 203; Kern, Der Buddhismus und seine Geschichte in Indien ...., übersetzt von Jacobi, I, 117, Anm.; Jolly, Recht und Sitte S. 112; Kielhorn, Epigraphia Indica 6, 15, Anm. 4; 7, 100 f. Beispiele sind in der Literatur zahlreich.

[2] Vgl. z. B. Hultzsch, ZDMG. 37, 558 zu Nr. 34; B-R. s. v. *protha* 7); Maitrāyaṇī Saṃhitā IV, S. 5, 17; 43, 14; 63, 12: *apo rakṣāṃsi na taranti*.

mit dem Spruche »Schütze (es) vor der Berührung mit der Erde«. Der zweite Halm wird nach der Tötung des Tieres rechts vom Nabel an der Stelle des Netzes mit den Worten: »O Kraut, beschütze dieses (Tier)!« der Länge nach mit der Spitze nach Osten niedergelegt. Dann macht der Adhvaryu mit dem Spruche: »O Messer, verletze es nicht!« mit ungesalbter Schneide quer über den Grashalm weg in einem Zuge einen Schnitt in die Haut, so daß Blut herausfließt. Das abgeschnittene obere Stück des Halmes nimmt er in die linke Hand, das andere Stück taucht er mit der rechten Hand auf beiden Seiten in das Blut und wirft es nach Nordwesten oder Südwesten fort, indem er spricht: »Du bist der Anteil der Dämonen; in die tiefste Finsternis verbanne ich die Dämonen; den, der uns haßt, und den, den wir hassen, verbanne ich in die tiefste Finsternis!« Nach anderen tritt er mit dem linken Fuße darauf. Danach taucht er die Fingerspitzen in Wasser[1].

Es ist also klar, daß bereits in vedischer Zeit das Gras als ein Mittel der Besänftigung und Beruhigung galt. Wie es dazu geworden ist, läßt sich wohl noch erklären.

Als Buddha den Brahmanen Uggatasarīra, der ein großes Tieropfer darbringen wollte, bekehrt hatte, da gab der Brahmane das Opfer auf und sagte von den Tieren: »Ich lasse sie frei, ich schenke ihnen das Leben. Mögen sie das grüne Gras fressen und das kalte Wasser trinken, und möge sie ein kühler Wind anwehen« (*muñcāmi jīvitaṃ demi haritāni c'eva tiṇāni khādantu sītāni ca pānīyāni pivantu sīto ca nesaṃ vāto upavāyatū ti* Aṅguttaranikāya VII, 44 = Vol. IV, p. 46 ed. Hardy). Und das ist eine alte Formel. Wenn einem Gaste zu Ehren oder bei anderer, feierlicher Gelegenheit eine Kuh geschlachtet werden sollte, der zu Ehrende aber darauf verzichtete, so sagte er: »Laß die Kuh frei! Sie fresse Gras und trinke Wasser« (*attu tṛṇāni pibatūdakam*) oder: »Om! Laßt sie frei! Sie trinke Wasser und fresse Gras!« oder: »Om! Laßt sie frei! Sie fresse Gras!« und ähnlich[2]. Bereits der Ṛgveda 1, 164, 40 kennt die Formel in einer mannigfach verwendeten[3] Strophe, die an eine Kuh gerichtet wird:

sūyavasā́d bhágavatī hí bhūyā́ átho vayám bhágavantaḥ syāma |
addhí tṛ́ṇam aghnye viśvadā́nīm piba śuddhám udakám ācárantī ||

»Gutes Futter fressend, mögest du glücklich sein! Auch wir mögen glücklich sein! Friß das Gras, o Kuh, immerdar, trinke das reine Wasser, herbeilaufend.«

[1] Schwab, Das altindische Tieropfer (Erlangen 1886) § 45. 67. 68. 76.

[2] Die Stellen, wo die Formel sich findet, verzeichnet Bloomfield, A Vedic Concordance (Cambridge, Massachusetts 1906) s. v. *ut sṛjata gām* und *om ut sṛjata*.

[3] Bloomfield a. a. O. s. v. *sūyavasād bhagavatī hi bhūyāḥ*.

Die Formel war also ganz stehend bei Tieren, denen man das Leben schenkte. Von den Tieren ist sie auf die Menschen übertragen worden. In dieser Beschränkung hat Stein recht, wenn er sagt, daß die Menschen symbolisch als Tiere bezeichnet wurden. Man beachte auch die oben besprochene Verbindung von Gras und Wasser, die einen weiteren Beweis für die Richtigkeit meiner Erklärung liefert.

Dieselbe Rolle wie das Gras spielte auch das Schilfrohr. In der Erzählung bei Buddhaghosa (oben S. 453) nehmen einige Śākyas Gras in den Mund, andere ein Schilfrohr in die Hand. Wie das Gras, so ist auch das Schilfrohr ein Bild der Vergänglichkeit. Sehr oft wird in der indischen Literatur erwähnt, daß bestimmte Rohrarten absterben, nachdem sie Blüten oder Frucht hervorgebracht haben[1]. Eine öfter[2] in buddhistischen Schriften wiederkehrende Strophe lautet:

phalaṃ ve kadaliṃ hanti phalaṃ veḷuṃ phalaṃ naḷaṃ |
sakkāro kāpurisaṃ hanti gabbho assatariṃ yathā ||

»Frucht tötet den Pisang, Frucht den Bambus, Frucht das Schilfrohr, Ehrenerweisung tötet [d. h. verdirbt] einen schlechten Menschen, wie die Leibesfrucht das Maultierweibchen.«

Die in dieser Strophe nebeneinander genannten Rohrarten *veṇu* (Pāli *veḷu*) = Bambusrohr und *naḍa, nala* (Pāli *naḷa, nala*) = Amphidonax Karka werden auch Mahābhārata 3, 268, 9 zusammen genannt:

yathā ca veṇuḥ kadalī nalo vā phalanty abhāvāya na bhūtaye tmanaḥ |
tathaiva māṃ taiḥ parirakṣyamāṇām ādāsyase karkaṭakīva garbham ||

»Wie der Bambus, der Pisang oder das Schilfrohr Frucht tragen zu ihrem eigenen Verderben, nicht zu ihrem Heil, ebenso wirst du [Jayadratha] mich, die ich [Draupadī] von diesen [den Pāṇḍavās] beschützt werde, an dich nehmen, wie das Krebsweibchen die Leibesfrucht.«

Die Śākyas nahmen Schilfrohr in die Hand. Diese Sitte wird bereits im Suttanipāta 440, einem der ältesten[3] Texte des buddhistischen Kanons, erwähnt:

esa muñjaṃ parihare dhir atthu idha[4] *jīvitaṃ* |
saṅgāme me mataṃ seyyo yañ ce jīve parājito ||

---

[1] Stenzler, Zeitschrift für die Kunde des Morgenlandes 4, 398 ff.; Weber, Indische Streifen 1, 145, Anm. 1; Pischel, Vedische Studien 1, 187; Mahābhārata 12, 87, 27; 13, 105, 8.

[2] Cullavagga VII, 2, 5; Aṅguttaranikāya IV, 68; Saṃyuttanikāya VI, 2, 2; XVII, 35; Dhammapada S. 332.

[3] Die gegenteilige Ansicht, die ich Assalâyanasuttaṃ (Chemnitz 1880) S. 5 ausgesprochen habe, beruhte auf der unvollständigen Übersetzung von Sir M. Coomâra Swâmy, London 1874. Seit der Text vorliegt, habe ich sie natürlich aufgegeben, was ich hier noch ausdrücklich bemerken will.

[4] v. l. *mama*.

Der Scholiast bei Fausbøll, The Sutta-Nipāta, Glossary S. 282 s. v. *muñja* bemerkt: *saṅgāmāvacarā anivattino purisā attano anivattanakabhāvaṃ ñapanatthaṃ sīse vā dhaje vā āvudhe vā muñjatiṇaṃ bandhanti taṃ ayaṃ pi pariharati ceva* »Im Kampfe befindliche Leute, die nicht an den Rückzug denken, binden, um ihre Absicht, nicht umzukehren, deutlich zu machen, an den Kopf, oder die Fahne, oder die Waffe Muñjagras. Das trägt auch dieser.« Diese Erklärung steht in vollem Widerspruch mit dem, was wir bis jetzt kennen gelernt haben. *muñja* ist ein Schilfgras, Saccharum Munja Roxburgh, das bis 10 Fuß hoch wird. Man könnte allenfalls denken, daß es zur Herausforderung dienen sollte, wie Gras und Wasser in den Erzählungen im Prabandhacintāmaṇi. Aber dazu stimmt der zweite Teil der Strophe nicht, der resigniert lautet: »Besser ist für mich der Tod im Kampfe, als daß ich besiegt lebe«, ebensowenig die ganze Erklärung des Scholiasten.

Die europäischen Erklärer haben mit der Strophe nichts anfangen können. Fausbøll[1] hat den ersten Vers in der Übersetzung ganz weggelassen. Windisch[2] erklärt ihn für völlig korrupt, liest mit den birmanischen MSS. *muñcaṃ* und übersetzt: »(Besser der lebenraubende Tod!), pfui über das Leben in dieser Welt.« Er setzt »das völlig sinnlose Versviertel *esa muñjaṃ parihare*« auf Rechnung der Abschreiber und der Schrift. Später aber[3] läßt er die Möglichkeit offen, daß es eine Lesart des ersten Pāda mit der Verbalform *parihare* gab, weil die Überlieferung im Mahāvastu II, 239 darauf hinweist. Das Sutta findet sich nämlich auch in den Schriften der nördlichen Buddhisten, oder, wie man wohl besser sagt, in den Mahāyānarezensionen des buddhistischen Kanons: Lalitavistara S. 327 ff. ed. *Rājendralāla Mitra* = S. 261 ff. ed. Lefmann, und Mahāvastu II, 238 ff. Im Lalitavistara lautet die erste Hälfte bei *Rājendralāla Mitra*:

varaṃ mṛtyuḥ prāṇaharo dhig grāmyaṃ no ca jīvitam |

bei Lefmann:

varaṃ mṛtyu prāṇaharo dhig grāmyaṃ nopajīvitaṃ |

Im Mahāvastu schreibt Senart:

eṣo sajjo prāṇaharo dhig grāmyaṃ no ca jīvitaṃ |

gibt aber S. 540 zu, daß dieser Versuch sehr unsicher sei. Die MSS. lesen: B *eṣo saṃjaṃ parihare dhigamya so caijīviddhi sujīvitaṃ*, C *eṣo saṃjaparihare dhigamasya so jīvati sujīvitaṃ*. Für den ersten Teil ergibt sich aus dem Suttanipāta mit Sicherheit als richtige Lesart: *eṣo*

---

[1] The Sacred Books of the East X, 2, 71.
[2] Māra und Buddha (Leipzig 1895) S. 7, Anm. 5; 12; 17 f.; 19; 27.
[3] A. a. O. S. 325.

muñjaṃ parihare. Und für den zweiten ist nach Suttanipāta *dhir atthu idha jīvitaṃ* ebenfalls mit ziemlicher Sicherheit die Lesart: *dhig asya idha jīvitaṃ* herzustellen, wobei *asya* = Sanskrit *syāt* ist. Vgl. Senart zu Mahāvastu I, S. 408 und über *idha* I, S. 385.

Der Sinn wird sofort klar, wenn man *parihare* nicht mit dem Scholiasten, dem Andersen folgt[1], mit »tragen« übersetzt, sondern ihm die Bedeutung gibt, die es im Sanskrit gewöhnlich hat: »vermeiden«, »verschmähen«. Dann bedeutet die Strophe: »Ich verschmähe das Schilfrohr. Pfui, über das Leben in dieser Welt! Besser ist für mich der Tod im Kampfe, als daß ich besiegt lebe.«

Māra hatte in Strophe 427 Buddha aufgefordert, sich am Leben zu erhalten, da ihm der Tod nahe sei (*santike maraṇaṃ tava* 426): *jīvato jīvitaṃ sĕyyo jīvaṃ puññāni kāhisi* »Für ein lebendes Wesen ist Leben das beste; lebend wirst du gute Werke tun!« Buddha, obwohl dem Tode nahe, lehnt das ab und gebraucht dabei das Bild des Kriegers, der sich in Lebensgefahr des Schilfrohrs zur Rettung bedient. Der Text ist also ganz richtig überliefert[2]. Er bietet das älteste Beispiel für die Sitte, die uns hier beschäftigt.

Der Text des Lalitavistara sieht wie eine erklärende Umschreibung der ursprünglichen Fassung aus. *grāmyaṃ* wird seinen Ursprung einer Dittographie des *g* in *dhig* und einem unverstandenem *asya* = *syāt*, wie im Mahāvastu, verdanken, worauf die Lesarten des Mahāvastu deuten. Über den Wechsel von *gr* und *g* vgl. Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1903, S. 744. Man kann Rājendralāla Mitras Text etwa übersetzen: »Besser ist der lebenraubende Tod als (*no ca*) das gemeine Leben.«

Das Gras gilt auch in der Traumdeutung als günstiges Vorzeichen. Aṅguttaranikāya V, 196 erzählt Buddha, daß er als Bodhisattva vor der Erleuchtung fünf große Träume hatte. Der zweite war, daß ihm das Gras Tiriyā (nach dem Scholiasten = Darbha) aus dem Nabel hervorkam und bis zum Himmel wuchs. Das bedeutete, daß er als Buddha den edlen, achtgliedrigen Weg lehren werde, der Götter und Menschen vom Leiden befreien sollte. Wer im Traume viel Gras, Getreide, ein brennendes Haus sieht, erlangt Glück (*tṛṇaṃ ca vipulaṃ dhānyaṃ gṛham agnimayaṃ tathā dṛṣṭvā svapne labhel lakṣmīm* Uttarakāmikatantra fol. 65[a], Burnell Collection No. XCIV). Wer im Traume mit Gras bewachsenes Land sieht, erlangt Glück und Geld (*śādvalabhūmiṃ paśyati sukhadhanasampad bhavet tasya*, Svapnacintāmaṇi I, 136).

---

[1] A Pāli Reader, Glossary, s. v. *pariharati.*

[2] Mit Windisch liest Neumann *muñcaṃ* und übersetzt: »Du da, so laß' es immer los: Mein Leben, das veracht' ich gern«. (Die Reden Gotamo Buddho's aus der Sammlung der Bruchstücke Suttanipāto des Pāli-Kanons übersetzt (Leipzig 1905) S. 145.)

scheint es mir möglich, daß die hier besprochene Sitte dazu beigetragen hat, an Stelle des Staubes und der Erde das Gras zu setzen, um so eher, als auch sonst in den germanischen Sprachen selbst zuweilen noch Erde und Gras wechseln. So sagt man im Englischen *to grass* im Sinne von »aufs Land bringen«, z. B. *to grass a fish.* In der Sprache der Bergleute ist *to grass* oder *to bring to grass* = »zutage fördern«, und im Slang der Boxer ist *to grass* = »zu Boden schlagen«, »niederstrecken«. Unserem *Ins Gras beißen* entspricht im Englischen *to go to grass,* das sonst von Tieren im Sinne von »weiden«, »auf die Weide gehn« gebraucht wird, gerade wie unser *Ins Gras beißen* bei seinem ersten nachweislichen Vorkommen im 13. Jahrhundert. Neben *to go to grass* gebraucht der Engländer im Sinne von »sterben« auch *to go to the ground, to bite the ground* und *to bite the dust,* also die romanischen Redensarten.

Unsere Redensart: »*In die Binsen gehen*« gehört wohl nicht hierher.

Ausgegeben am 7. Mai.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
XXIV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

7. Mai. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers (i. V.).

*Hr. Schwarz trug vor: Über specielle Tetraeder mit rationalen Kantenlängen und rationalem Körperinhalt.

Ausgegeben am 21. Mai.

SITZUNGSBERICHTE

1908.

XXV.

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

7. Mai. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Vahlen.

1. Hr. Roethe sprach über die Betonung der einsilbigen Worte im älteren deutschen Versbau (erscheint später in den Abhandlungen).

In geschichtlicher und methodologischer Betrachtung wird entwickelt, dass, je weiter wir zurückgehen, um so weniger der logische und ethische Gehalt der Einzelstelle zu metrischem Ausdruck kommt; die Allitterationsdichtung declamirt typisch; der mittelalterliche Reimvers zeigt erheblichere Ansätze zu individueller Declamation wesentlich erst beim mehrsilbigen Wort, während das einsilbige Wort erhöhte Betonung meist typischen syntaktischen und rhythmischen Voraussetzungen (Sinnespause, Aufzählung, Neigung zu klingender Cadenz) verdankt. Noch der Versbau des 17. Jahrhunderts ist in der declamatorischen Erhöhung von Einsilblern sehr unsicher: sie beginnt erst mit Klopstock und dem Sturm und Drang zur Regel zu werden. Die metrischen Thatsachen spiegeln auch hier ältere sprachliche Zustände wieder.

2. Hr. Brandl legte seine »Geschichte der altenglischen Literatur«, Th. 1, Strassburg 1908, und zwei kleinere Schriften »über Shakespeares Book of merry Riddles« und »Zur Gotensage bei den Angelsachsen« vor.

3. Weiter wurde vorgelegt »Geschichte Russlands unter Kaiser Nikolaus I.« von Th. Schiemann. Bd. II. Berlin 1908.

Ausgegeben am 21. Mai.

SITZUNGSBERICHTE 1908.

XXVI.

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

14. Mai. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Vahlen.

1. Hr. Frobenius las: Über Matrizen aus positiven Elementen.

Sind die Elemente einer Matrix alle positiv, so besitzt sie eine positive einfache Wurzel, die absolut grösser ist als jede andere Wurzel. Diese nimmt zu, wenn irgend ein Element der Matrix wächst.

2. Hr. Harnack las eine Abhandlung: Die angebliche Synode von Antiochia im Jahre 324/5.

In der Abhandlung wird gezeigt, dass das von Hrn. Eduard Schwartz aus dem Cod. Paris. syr. 62 an's Licht gezogene Schreiben einer antiochenischen Synode voll von Widersprüchen und Unmöglichkeiten ist. Es ist eine grobe Fälschung des 6. oder 7. Jahrhunderts. Eine antiochenische Synode hat im Jahre 324/5 überhaupt nicht stattgefunden, geschweige dass sie, wie das Schreiben will, das Nicänum anticipirt hat.

3. Hr. Helmert legte vor eine Abhandlung über: Trigonometrische Höhenmessung und Refractionscoefficienten in der Nähe des Meeresspiegels.

Lichtstrahlen, welche den Meeresspiegel in geringer Höhe überstreichen, weichen von der Kreisform stark ab, weshalb die Formel für gegenseitige Zenithdistanzen ein Correctionsglied zu erhalten hat, das von der Änderung des Refractionscoefficienten mit der Höhe abhängt. Es wird nun an der Hand von Beobachtungsmaterial untersucht, um welche Beträge es sich hierbei handelt.

4. Hr. Koser übergab den Jahresbericht über die Herausgabe der Monumenta Germaniae historica.

5. Die Akademie hat dem auswärtigen Mitglied ihrer physikalisch-mathematischen Classe Hrn. Adolf von Baeyer in München zum fünfzigjährigen Doctorjubiläum eine Adresse gewidmet, deren Wortlaut unten folgt.

6. Folgende Druckschriften wurden vorgelegt: von dem Unternehmen der Inscriptiones Graecae Vol. IX. Pars. II: Inscriptiones Thessaliae ed. Otto Kern. Berolini 1908, A. Tobler, Vermischte

Beiträge zur französischen Grammatik. Vierte Reihe. Leipzig 1908 und Th. Mommsen, Gesammelte Schriften. Bd. 5. Berlin 1908.

7. Die Akademie hat auf den Vorschlag der vorberathenden Commission der Bopp-Stiftung aus den Erträgnissen der Stiftung Hrn. Prof. Dr. Holger Pedersen in Kopenhagen zur Fortsetzung seiner Studien auf dem Gebiete der lebenden keltischen Sprachen 1350 Mark zuerkannt.

Die Akademie hat das auswärtige Mitglied der philosophisch-historischen Classe Hrn. Franz Buecheler in Bonn am 3. Mai durch den Tod verloren.

Über Matrizen aus positiven Elementen.

Von G. FROBENIUS.

Sind die Elemente einer Matrix alle reell und positiv, so hat ihre charakteristische Determinante und deren Unterdeterminanten einige merkwürdige Eigenschaften, von denen Hr. OSKAR PERRON die wichtigsten entdeckt und in zwei Abhandlungen *Grundlagen für eine Theorie der JACOBIschen Kettenbruchalgorithmen* und *Zur Theorie der Matrices* im 64. Bande der *Mathematischen Annalen* abgeleitet hat. Den Beweis hat er, wie er selbst hervorhebt, nur mit Anwendung von Grenzbetrachtungen durchführen können. Es ist mir gelungen, diese zu vermeiden, die Beweise zu vereinfachen und die Sätze in einigen Punkten zu vervollständigen.

§ 1.

Sind die Elemente einer Matrix A alle reell und positiv, so hat ihre charakteristische Gleichung eine Wurzel r, die reell, positiv, einfach und absolut größer ist als jede andere Wurzel. Ist $s \geqq r$, so sind die Elemente der zu $sE-A$ adjungierten Matrix alle positiv.

Die Elemente $a_{\varkappa\lambda}$ der Matrix n^{ten} Grades A seien alle positiv (>0). Die Determinante $|sE-A|$ bezeichne ich mit $\varphi(s)$ oder $A(s)$, die dem Elemente $se_{\varkappa\lambda}-a_{\varkappa\lambda}$ komplementäre Unterdeterminante $(n-1)^{\text{ten}}$ Grades mit $A_{\lambda\varkappa}(s)$.

Ich nehme an, die Behauptung sei für eine Matrix, deren Grad $<n$ ist, bereits bewiesen. Sind dann $\alpha, \beta, \gamma, \cdots \nu$ die Zahlen $1, 2, 3, \cdots n$ in irgendeiner Anordnung, und ist

$$B(s) = A_{\alpha\alpha}(s) = \begin{vmatrix} -a_{\beta\beta}+s & \cdots & -a_{\beta\nu} \\ . & \cdots & . \\ -a_{\nu\beta} & \cdots & -a_{\nu\nu}+s \end{vmatrix},$$

so hat die Gleichung $B(s)=0$ eine Wurzel q, die positiv, einfach und absolut größer ist als jede andere Wurzel. Ferner ist die Unterdeterminante $(n-2)^{\text{ten}}$ Grades $B_{\lambda\varkappa}(s)$, die dem Elemente $se_{\varkappa\lambda}-a_{\varkappa\lambda}$ in $B(s)$ komplementär ist, positiv (>0), falls $s \geqq q$ ist.

Nun ist

$$A(s) = (s - a_{\alpha\alpha})\, B(s) - \sum_{\varkappa,\lambda} a_{\alpha\varkappa}\, a_{\lambda\alpha}\, B_{\varkappa\lambda}(s)\,,$$

wo $\varkappa$ und λ die Werte $\beta, \gamma, \cdots \nu$ durchlaufen. Da $B(q) = 0$ und $B_{\varkappa\lambda}(q) > 0$ ist, so ist $A(q) < 0$. Folglich hat die Gleichung $A(s) = 0$ eine positive Wurzel, die $> q$ ist. Ist r die größte Wurzel dieser Art, so ist $r > q$ für jeden Wert von α. Ist also $s \geqq r$, so ist $s > q$, und mithin $A_{\alpha\alpha}(s) > 0$. Sei

$$C(s) = \begin{vmatrix} -a_{\gamma\gamma} + s & \cdots & -a_{\gamma\nu} \\ \cdot & \cdots & \cdot \\ -a_{\nu\gamma} & \cdots & -a_{\nu\nu} + s \end{vmatrix}$$

und $C_{\lambda\varkappa}(s)$ die Unterdeterminante $(n-3)^{\text{ten}}$ Grades, die dem Elemente $s e_{\varkappa\lambda} - a_{\varkappa\lambda}$ in $C(s)$ komplementär ist. Ist p die größte positive Wurzel der Gleichung $C(s) = 0$, so ist $p < q < r$. Ist $s > p$, so ist $C(s)$ und $C_{\varkappa\lambda}(s)$ positiv. Nun ist

$$-A_{\alpha\beta}(s) = \begin{vmatrix} -a_{\alpha\beta} & -a_{\alpha\gamma} & \cdots & -a_{\alpha\nu} \\ -a_{\gamma\beta} & -a_{\gamma\gamma} + s & \cdots & -a_{\gamma\nu} \\ \cdot & & & \\ -a_{\nu\beta} & -a_{\nu\gamma} & \cdots & -a_{\nu\nu} + s \end{vmatrix},$$

demnach

$$(1.)\qquad A_{\alpha\beta}(s) = a_{\alpha\beta}\, C(s) + \sum_{\varkappa,\lambda} a_{\alpha\varkappa}\, a_{\lambda\beta}\, C_{\varkappa\lambda}(s)\,.$$

Daher ist $A_{\alpha\beta}(s) > 0$, falls $s \geqq p$ ist, also um so mehr, falls $s \geqq r$ ist.

Ist $\varphi(s) = A(s)$, so ist die Ableitung

$$\varphi'(s) = \sum_{\alpha} A_{\alpha\alpha}(s)$$

die Summe aller Hauptunterdeterminanten $(n-1)^{\text{ten}}$ Grades der Matrix $sE - A$. Daher ist $\varphi'(r) > 0$, und mithin ist r eine einfache Wurzel der Gleichung $\varphi(r) = 0$.

Wenn die Gleichung $\varphi(s) = 0$ eine negative Wurzel hat, so sei $-q$ die kleinste; dann kann nicht $q = r$ sein. Denn auch die Elemente der Matrix A^2 sind alle positiv. Ihre größte reelle positive charakteristische Wurzel wäre aber gleich $r^2 = q^2$, sie wäre also keine einfache Wurzel.

Es kann aber auch nicht $q > r$ sein. Denn sonst wären auch die Elemente der Matrix $A + \frac{1}{2}(q-r)E$ alle positiv, ihre größte positive Wurzel wäre $r' = \frac{1}{2}(q+r)$, ihre kleinste negative $-q' = -\frac{1}{2}(q+r) = -r'$, was nicht möglich ist. Demnach ist $q < r$.

Wie übrigens leicht zu sehen, ist sogar $r - q > 2k$, wenn k kleiner ist als jedes der Hauptelemente $a_{11}, a_{22}, \cdots a_{nn}$.

Sei $a+bi$ eine Wurzel der Gleichung $\varphi(r)=0$, deren absoluter Betrag möglichst groß ist. Sollte es außer $a\pm bi$ noch andere Wurzeln desselben absoluten Wertes geben, so wähle man $a+bi$ so, daß a (mit Berücksichtigung des Zeichens) möglichst klein ist. Ist also $a'+b'i$ eine von $a\pm bi$ verschiedene Wurzel der Gleichung $\varphi(r)=0$, so ist $a'^2+b'^2 \leqq a^2+b^2$, und falls $a'^2+b'^2=a^2+b^2$ ist, so ist $a'>a$. Dann kann man eine positive Größe g so wählen, daß, falls $0<k<g$ ist, für jede Wurzel $a'+b'i$

$$(a-k)^2+b^2>(a'-k)^2+b'^2$$

ist, oder

$$a^2+b^2-a'^2-b'^2>2k(a-a').$$

Denn ist $a^2+b^2=a'^2+b'^2$, so ist $a-a'<0$. Ebenso ist jene Bedingung von selbst erfüllt, wenn zwar $a^2+b^2>a'^2+b'^2$ ist, aber $a\leqq a'$ ist. Ist aber $a>a'$, so muß dann

$$k<\frac{a^2+b^2-a'^2-b'^2}{2(a-a')}$$

sein. Man bestimme diese positive Größe für jede von $a\pm bi$ verschiedene Wurzel $a'+b'i$, für die $a'<a$ ist. Zu diesen Größen nehme man noch die Elemente $a_{11}, a_{22}, \cdots a_{nn}$ hinzu und bezeichne mit g die kleinste aller dieser positiven Größen.

Ist dann $0<k<g$, so sind die Elemente der Matrix $A-kE$ alle positiv. Ihre charakteristische Gleichung hat die Wurzeln $a-k\pm bi$, jede andere ihrer Wurzeln $a'-k+b'i$ ist absolut kleiner. In dem angegebenen Intervalle kann man ferner k so wählen, daß die *Phase* der Größe $a-k+bi=\rho e^{i\vartheta}$ zu 2π in einem rationalen Verhältnis $\frac{l}{m}$ steht, $\vartheta=\frac{2l\pi}{m}$. Dann sind auch alle Elemente der Matrix $(A-kE)^m$ positiv, und ihre absolut größte Wurzel ist $(a-k\pm bi)^m=\rho^m$, ist also eine reelle positive Größe. Wäre also b von Null verschieden, so wäre diese Wurzel keine einfache. Die absolut größte Wurzel der Gleichung $\varphi(s)=0$ ist folglich reell; demnach ist, wie oben gezeigt, a positiv. Ist ferner $a'+b'i$ eine andere Wurzel, so kann auch nicht $a'^2+b'^2=a^2$ sein, weil sonst $a'<a$ wäre.

Für die größte Wurzel r sind nicht nur die Unterdeterminanten $(n-1)^{\text{ten}}$ Grades von $rE-A$ positiv, sondern auch alle Hauptunterdeterminanten aller Grade. Insbesondere ist r größer als jedes der Hauptelemente $a_{11}, a_{22}, \cdots a_{nn}$.

§ 2.

Sei q die größte Wurzel der Gleichung $A_{\alpha\alpha}(s)=0$, q' die von $A_{\beta\beta}(s)=0$, q'' die von $A_{\gamma\gamma}(s)=0$ usw. Dann ist r die einzige positive Wurzel der Gleichung $A(s)=0$, die $>q$ ist. Dies ist klar, wenn

q die größte der Zahlen $q, q', q'', \cdots$ ist. Denn ist dann $s > q$, so sind die Größen $A_{\alpha\alpha}(s)$, $A_{\beta\beta}(s)$, $A_{\gamma\gamma}(s)$, $\cdots$ alle positiv, folglich auch ihre Summe $\varphi'(s)$. Wenn demnach s von q an wächst, so wächst auch $\varphi(s)$ beständig, kann also höchstens einmal verschwinden.

Es ist mithin nur noch zu zeigen, daß $\varphi(s)$ nicht verschwindet, falls s zwischen irgend zwei jener Größen q und q' liegt. Nun ist

$$A(s)\, C(s) = A_{\alpha\alpha}(s)\, A_{\beta\beta}(s) - A_{\alpha\beta}(s)\, A_{\beta\alpha}(s).$$

Sei etwa $q > q'$, dann ist $q > q' > p$. Für die Determinante $(n-1)^{\text{ten}}$ Grades $A_{\alpha\alpha}(s)$ kann die Behauptung schon als bewiesen angesehen werden. Diese verschwindet also für keinen Wert zwischen q und p und ist daher, weil q eine einfache Wurzel ist, in diesem Intervalle beständig negativ. $A_{\beta\beta}(s)$ ist positiv, falls $s > q'$ ist. $A_{\alpha\beta}(s)$ und $A_{\beta\alpha}(s)$ sind positiv, falls $s > p$ ist. Daher kann $A(s)$ zwischen q und q' nicht verschwinden.

Ist $q > s > q'$, so kann $A_{\alpha\alpha}(s)$ nicht verschwinden, weil $q > s > p$ ist, und $A_{\beta\beta}(s)$ nicht, weil $s > q'$ ist. Ist $q > q' > q''$, und liegt s zwischen q und q'', so verschwindet $A_{\beta\beta}(s)$ nur für $s = q'$, aber für keinen Wert zwischen q und q' und keinen zwischen q' und q''. In dem ganzen Intervall zwischen der größten und der kleinsten der Größen $q, q', q'', \cdots$ verschwindet also $A_{\alpha\alpha}(s)$ nur für $s = q$, $A_{\beta\beta}(s)$ nur für $s = q'$ usw. Ist etwa q die größte und q' die kleinste dieser Größen, so ist

$$A_{\alpha\alpha}(q) = 0\,,\quad A_{\beta\beta}(q) \geqq 0\,,\quad A_{\gamma\gamma}(q) \geqq 0\,, \cdots$$
$$A_{\alpha\alpha}(q') \leqq 0\,,\quad A_{\beta\beta}(q') = 0\,,\quad A_{\gamma\gamma}(q') \leqq 0\,, \cdots.$$

Mithin ist $\varphi'(q) \geqq 0$ und $\varphi'(q') \leqq 0$.

Die Gleichung $\varphi'(s) = 0$ hat eine reelle positive Wurzel zwischen der größten und der kleinsten der Größen $q_1, q_2, \cdots q_n$, falls q_α die größte Wurzel der Gleichung $A_{\alpha\alpha}(s) = 0$ ist.

Hat die Gleichung $\varphi(s) = 0$ noch andere positive Wurzeln als r, so sind diese alle kleiner als die kleinste der Größen $q_1, q_2, \cdots q_n$.

§ 3.

Wenn die charakteristische Gleichung $\varphi(s) = 0$ der Matrix A eine einfache Wurzel r hat, die absolut größer ist als jede andere Wurzel, so ist die Reihe

$$(1.)\qquad (sE-A)^{-1} = \frac{E}{s} + \frac{A}{s^2} + \frac{A^2}{s^3} + \cdots + \frac{A^k}{s^{k+1}} + \cdots$$

konvergent, falls $|s| > |r|$ ist. Denn sie ist die Entwicklung einer rationalen Funktion (d. h. von n^2 rationalen Funktionen) mit dem Nenner $\varphi(s)$, konvergiert also, falls s größer ist als jede Wurzel der

Gleichung $\varphi(s) = 0$. Die *adjungierte Matrix* von P möge mit $\bar{P}$ bezeichnet werden. Dann ist

$$(sE-A)^{-1} = \frac{1}{\varphi(s)}\,\overline{(sE-A)}.$$

Ist $\varphi(s) = (s-r)\psi(s)$, so erhält man durch Partialbruchzerlegung

(2.) $$(sE-A)^{-1} = \frac{1}{\varphi'(r)(s-r)}\,\overline{(rE-A)} + \frac{1}{\psi(s)}\,B,$$

wo B eine ganze Funktion von s ist. Ist

(3.) $$\frac{B}{\psi(s)} = \Sigma\,\frac{B_k}{s^{k+1}},$$

so konvergiert diese Reihe, falls s größer ist als jede Wurzel der Gleichung $\psi(s) = 0$, also für $s = r$. Daher ist

$$\lim \frac{B_k}{r^k} = 0 \qquad (k = \infty).$$

Nach (1.), (2.) und (3.) ist

$$A^k = \frac{1}{\varphi'(r)}\,\overline{(rE-A)}\;r^k + B_k$$

und folglich

$$\lim \frac{A^k}{r^k} = \frac{1}{\varphi'(r)}\,\overline{(rE-A)},$$

oder wenn die Elemente der Matrix A^k mit $a_{\alpha\beta}^{(k)}$ bezeichnet werden,

(4.) $$\lim \frac{a_{\alpha\beta}^{(k)}}{r^k} = \frac{A_{\alpha\beta}(r)}{\varphi'(r)}$$

und demnach, wenn $A_{\alpha\beta}(r)$ von Null verschieden ist,

(5.) $$\lim \frac{a_{\alpha\beta}^{(k+1)}}{a_{\alpha\beta}^{(k)}} = r.$$

Die Formel (5.) gilt auch, falls r eine mehrfache Wurzel der Gleichung $\varphi(r) = 0$ ist, die absolut größer ist als jede andere Wurzel. Nur muß dann $p_{\alpha\beta}$ von Null verschieden sein, falls die Matrix $P = (p_{\alpha\beta})$ der Koeffizient des Anfangsgliedes in der Entwicklung von $(sE-A)^{-1}$ nach steigenden Potenzen von $s-r$ ist.

§ 4.

Wird von der Matrix A nur vorausgesetzt, daß ihre Elemente $a_{\varkappa\lambda} \geqq 0$ sind, so lassen sich durch Benutzung der obigen Beweismethoden und durch Stetigkeitsbetrachtungen leicht die Modifikationen feststellen, unter denen die entwickelten Sätze gültig bleiben. Die größte Wurzel r der Gleichung $\varphi(s) = 0$ ist reell und positiv ($\geqq 0$).

Sie kann eine mehrfache Wurzel sein, aber nur, wenn die Hauptunterdeterminanten $A_{\alpha\alpha}(r)$ sämtlich verschwinden. Ist sie eine $k$fache Wurzel, so verschwinden alle Hauptunterdeterminanten $(n-1)^{\text{ten}}$, $(n-2)^{\text{ten}}$, $\cdots (n-k+1)^{\text{ten}}$ Grades der Matrix $rE-A$.

Den Wert 0 kann r nur dann haben, wenn die Größen $a_{\alpha\alpha}$, $a_{\alpha\beta}a_{\beta\alpha}$, $a_{\alpha\beta}a_{\beta\gamma}a_{\gamma\alpha}$, $a_{\alpha\beta}a_{\beta\gamma}a_{\gamma\delta}a_{\delta\alpha}$, $\cdots$ sämtlich verschwinden.

Sind die Größen $a_{\varkappa\lambda}$ beliebig, so liegen die reellen Teile der Wurzeln der Gleichung $|a_{\varkappa\lambda}-se_{\varkappa\lambda}| = 0$ zwischen der größten und der kleinsten Wurzel der Gleichung

$$\left|\frac{1}{2}(a_{\varkappa\lambda}+\bar{a}_{\lambda\varkappa})-se_{\varkappa\lambda}\right| = 0,$$

wo $\bar{a}_{\varkappa\lambda}$ die zu $a_{\varkappa\lambda}$ konjugierte komplexe Größe ist. (Hirsch, *Sur les racines d'une équation fondamentale*, Acta math. Bd. 25.) Ist also $a_{\varkappa\lambda}$ positiv, so ist die größte Wurzel r der Gleichung $\varphi(s) = 0$ kleiner als die größte Wurzel der Gleichung

$$(1.) \qquad \left|\frac{1}{2}(a_{\varkappa\lambda}+a_{\lambda\varkappa})-se_{\varkappa\lambda}\right| = 0.$$

Betrachtet man die n^2 Elemente $a_{\varkappa\lambda}$ als reelle positive Veränderliche, so ist r eine eindeutige Funktion derselben. Differenziert man die Gleichung $\varphi(r) = 0$ nach $a_{\varkappa\lambda}$, so erhält man

$$\varphi'(r)\frac{\partial r}{\partial a_{\varkappa\lambda}} = A_{\lambda\varkappa}(r).$$

Mithin ist die Ableitung positiv, und folglich wächst r, wenn eins der Elemente zunimmt. Mit Hilfe dieser Bemerkung kann man auf verschiedene Arten Grenzen finden, zwischen denen r liegt.

Sind die Elemente $a_{\varkappa\lambda}$ einer Matrix n^{ten} Grades alle positiv, so liegt ihre größte charakteristische Wurzel zwischen der größten und der kleinsten der n Zahlen

$$a_\alpha = a_{\alpha 1}+a_{\alpha 2}+\cdots+a_{\alpha n} \qquad (\alpha = 1, 2, \cdots n).$$

Man addiere in der Determinante $A(r) = 0$ zu den Elementen der α^{ten} Spalte die der $(n-1)$ anderen Spalten und entwickle dann die Determinante nach den Elementen jener Spalte. So erhält man

$$(r-a_1)A_{\alpha 1}(r)+(r-a_2)A_{\alpha 2}(r)+\cdots+(r-a_n)A_{\alpha n}(r) = 0.$$

Da die Unterdeterminanten $A_{\varkappa\lambda}(r)$ alle positiv sind, so können daher die Differenzen $r-a_1$, $r-a_2$, $\cdots r-a_n$ nicht alle dasselbe Zeichen haben, und folglich muß r zwischen der größten und der kleinsten der Größen a_1, a_2, $\cdots a_n$ liegen. Sind speziell diese Größen alle einander gleich, so muß auch r ihnen gleich sein.

Die angebliche Synode von Antiochia im Jahre 324/5.

Von Adolf Harnack.

Einer der wichtigsten syrischen kirchenrechtlichen Kodizes, den wir besitzen, ist der Cod. Paris. syr. 62 (olim Sangerm. 38). Die reichhaltige Sammlung, die er enthält, ist im Jahre 687 oder bald nach diesem Jahre angelegt; die Handschrift (Estrangelo) wird ins 8. oder 9. Jahrhundert versetzt. Beschrieben wurde sie von Munk (bei Cureton, Corpus Ignat., S. 342f.), von Lagarde (in den »Reliquiae Juris«) und von Zotenberg (Pariser Katalog). Lagarde gab die sogenannte »Apostolische Kirchenordnung« aus ihr heraus und die umfangreiche »Syrische Didaskalia«, die Grundschrift der sechs ersten BB. der »Apostol. Konstitutionen«. Cureton und Lightfoot edierten die Ignatiana der Sammlung, und auch für die neuesten Herausgeber der Syrischen Didaskalia (Achelis und Flemming sowie Funk) ist unsere Handschrift die führende gewesen.

Aufmerksam gemacht durch eine Notiz in Zotenbergs Katalog ließ Hr. Eduard Schwartz die bisher nicht edierten Fol. 144r—147r photographieren und publizierte sie zusammen mit einer eigenen griechischen Übersetzung[1] in dem 6. Stück seiner Studien »Zur Geschichte des Athanasius« (Nachrichten der Kgl. Gesellsch. d. Wiss. z. Göttingen, phil.-hist. Klasse, 1905, H. 3 S. 271ff.). Er unterzog dabei das zusammenhängende Stück einer Untersuchung, die mit dem Ergebnis endigt, daß auf diesen Blättern das bisher unbekannte Synodalschreiben einer bisher unbekannten antiochenischen Synode vom Dezember 324 (oder etwas später) vorliege.

Wenn dieses Ergebnis richtig ist, so bedeutet es einen totalen Umsturz unserer Vorstellungen von der Vorgeschichte des nicänischen Konzils; denn wir lernen hier, daß wenige Monate vor dem Nicänum eine große Synode von 59 Bischöfen in Antiochien getagt, sich zur Orthodoxie bekannt und — den Arius als einen schon Gerichteten

[1] Nach dieser zitiere ich im folgenden.

behandelnd — den Eusebius von Cäsarea, Theodotus von Laodicea (Syr.) und Narcissus von Neronias einstimmig (vorläufig; ihnen wird eine Frist zur Umkehr gewährt) exkommuniziert hat. Was das besagen will, daß vor dem Nicänum eine große orientalische Synode nicht nur dem Bischof Alexander von Alexandrien bedingungslos zugestimmt, sondern auch das Haupt der origenistischen Mittelpartei, den größten Gelehrten des Orients, Eusebius, verdammt hat, braucht nicht ausgeführt zu werden. Als man in Nicäa zusammentrat, hatte also der Orient schon gesprochen, und zwar im orthodoxen Sinn, und Eusebius kam als ein Verurteilter zum Konzil!

Aber sind diese Akten bzw. ist dieses Synodalschreiben echt, oder vielmehr — hat diese Synode überhaupt stattgefunden? Wer in Zukunft auch nur eine Zeile über das Nicänum schreiben will, muß allem zuvor hier im klaren sein. Hr. Schwartz selbst verrät keine Spur von einem Zweifel. In Deutschland hat sich meines Wissens noch niemand geäußert; aber Duchesne (Histoire ancienne de l'église, T. II, 1907, S. 137) hat in einem Satze, den er der Frage widmet, Stellung genommen: »Je ne saurais accepter comme authentique le concile d'Antioche de 324 dont M. E. Schwartz publie une prétendue lettre synodale adressée à Alexandre de Byzance.« Gründe hat er nicht genannt — fast darf man sagen, mit Recht —; denn die folgenden Ausführungen werden zeigen, daß die Beobachtungen, welche gegen die Echtheit sprechen, offenkundig sind; ja sie liegen so sehr an der Oberfläche des Problems, daß man sich wundert, wie sie einem Kritiker entgehen konnten. Aber Inedita pflegen den Entdecker zu faszinieren. Immerhin müssen wir dem Herausgeber dankbar sein, daß er das Stück ans Licht gezogen hat. Dieses Lichts wird es sich freilich nicht lange erfreuen; denn es ist eine grobe Fälschung ohne jeden geschichtlichen Wert. Auch hat eine Synode zu Antiochien im Jahre 324 in Sachen des Arius überhaupt nicht getagt. So wird das Stück in das verdiente Dunkel zurückkehren. Die Gründe, welche über die Unechtheit des Stücks entscheiden, fasse ich im folgenden zusammen; voran schicke ich eine Beschreibung desselben.

I.

Angeschlossen an die bekannten antiochenischen Kanones (vom Jahre 341) findet sich in unserem Kodex ein Synodalschreiben und eine angehängte historische Notiz. Das Schreiben bezeichnet sich als Brief einer in Antiochien versammelten Synode an Alexander, Bischof von Neu-Rom. Neu-Rom existierte bekanntlich im Jahre 324 noch nicht; aber da die Überschrift später sein kann, ist darauf kein starkes Ge-

wicht zu legen: gemeint ist Bischof Alexander von Byzanz, dem späteren Konstantinopel[1].

Das Schreiben selbst hat die Adresse: Τῷ ἁγίῳ καὶ ὁμοψύχῳ ἀδελφῷ ἀγαπητῷ καὶ συλλειτουργῷ Ἀλεξάνδρῳ. Dieses »ὁμοψύχῳ« findet sich auch in dem echten Schreiben des Alexander von Alexandrien an diesen Alexander von Byzanz (Theodoret, h. e. I, 3 Adresse). Sofort folgen ohne Gruß die Namen von 56 Bischöfen (ohne Angabe ihrer Sitze). Die ersten Namen lauten Eusebius, Eustathius, Amphion, die letzten Hesychius, Avidius und Terentius.

Wie das Rundschreiben Alexanders von Alexandrien, mit welchem er die Verurteilung des Arius den auswärtigen Bischöfen anzeigt, beginnt auch unser Brief mit den Worten: Ἑνὸς σώματος ὄντος τῆς καθολικῆς ἐκκλησίας (nur κατὰ πάντα τόπον ist hinzugefügt). Das ist seltsam! Er gibt sich als Brief eines einzelnen (1. Pers. Sing.) im Verein »mit den heiligen Brüdern«. Der Schreibende muß der Bischof sein, der in der Reihe der 56 an erster Stelle steht, d. h. ein Mann namens Eusebius. Er erzählt als Einleitung zur Wiedergabe dessen, was die Synode beschlossen hat, zunächst von sich selber; er sei nach Antiochien gekommen und habe die dortige Gemeinde durch die Irrlehre und den Aufruhr Einiger tief erschüttert gefunden; er habe daher den Schaden nicht allein heilen wollen, sondern eine Synode der benachbarten gleichgesinnten Bischöfe zusammenberufen aus Palästina, Arabien, Phönizien, Zölesyrien, Zilizien und einige aus Kappadozien. Der Zusatz: ὑπὸ πολλῶν γὰρ καὶ δικαίων συνοικεῖται ἡ πόλις ist etwas unverständlich. Er fährt fort, die Eingeladenen seien gekommen und gemeinsam habe man sich überzeugt, wie groß die eingerissene Unordnung in Antiochien und überall in jenen Gegenden sei, weil in der Zeit, da die Machthaber den Zusammentritt von Synoden verboten hätten, das Kirchengesetz und die kirchlichen Kanones in Verachtung gekommen seien; hauptsächlich käme es nun darauf an, das eigentliche Geheimnis des Glaubens, die rechte Lehre vom Heilande, dem Sohne Gottes, zum Ausdruck zu bringen; vorangegangen sei damit der teure Bruder Alexander von Alexandrien, indem er den Arius (und einige Presbyter um ihn) ihrer Lästerungen wegen ausgeschlossen habe; die heilige Synode habe das Hauptstück der Geheimnisse zuerst geprüft, in der Überzeugung, daß sich die Ordnung der übrigen Dinge daran (leicht) anschließen werde; so hätten sie im Verein mit einigen beredten Laienbrüdern zuerst über den kirchlichen Glauben gehandelt, wie die heiligen Schriften und Apostel ihn lehren und die

[1] Die Unterschrift des Schreibens bezeichnet den Adressaten als ἐπίσκοπος τῆς Νέας Ῥώμης, τουτέστι δὲ Κωνσταντινουπόλεως. Das ist noch auffallender, aber mag als späterer Schreibervermerk auch auf sich beruhen.

Väter ihn überliefert haben und sich dabei auf das von Alexander von Alexandrien gegen Arius Verhandelte bezogen, damit, wenn Arius Nachfolger fände, auch sie von der Exkommunikation betroffen würden.

Es folgt nun die Glaubensdeklaration der Synode. Sie wird bezeichnet als der Glaube, den die 318 Geistesmänner vorgelegt haben, οὓς οὐ δίκαιον νομίζειν κατὰ σάρκα ζῆν ἢ νοεῖν, ἀλλὰ ἐν πνεύματι ταῖς τῶν θεοπνεύστων βιβλίων ἁγίαις γραφαῖς συνησκῆσθαι.

Die Glaubensdeklaration umfaßt 37 Zeilen (genau ein Drittel des ganzen Briefs). Sie schließt sich inhaltlich aufs engste, zum Teil wörtlich, an die beiden großen Schreiben des Alexander von Alexandrien an, die wir besitzen (Sokrat., h. e. I, 6; Theodoret., h. e. I, 3) — so jedoch, daß alle dogmatischen Singularitäten und Anstöße, welche diese alten Schreiben noch bieten, getilgt sind. Der größte Nachdruck wird dabei auf die Prädikate »ἄτρεπτος καὶ ἀναλλοίωτος« gelegt. Auch bei Alexander finden sie sich; aber in unserem Schreiben sind sie so betont, daß schon im ersten Artikel Gott selbst als ἄτρεπτος καὶ ἀναλλοίωτος bezeichnet wird (wozu doch im arianischen Streit keine Veranlassung vorlag). Ganz wie bei Alexander findet sich auch hier das Prädikat ἡ θεοτόκος für Maria, während, wie bei ihm, ὁμοούσιος fehlt. Die Deklaration schließt mit den paraphrasierten Anathematismen des Nicänums: ἀναθεματίζοντες ἐκείνους οἳ λέγουσιν ἢ νομίζουσιν ἢ κηρύσσουσιν τὸν υἱὸν τοῦ θεοῦ κτίσμα ἢ γενητὸν ἢ ποιητὸν καὶ οὐκ ἀληθῶς γέννημα εἶναι ἢ ὅτι ἦν ὅτε οὐκ ἦν· ἡμεῖς γὰρ ὅτι ἦν καὶ ἔστιν καὶ ὅτι φῶς ἐστιν, πιστεύομεν· προσέτι δὲ κἀκείνους [ἀναθεματίζομεν] οἳ τῇ αὐτεξουσίῳ θελήσει αὐτοῦ ἄτρεπτον εἶναι αὐτὸν ἡγοῦνται, ὥσπερ καὶ οἱ ἐκ τοῦ μὴ ὄντος παράγοντες τὴν γέννησιν, καὶ μὴ φύσει ἄτρεπτον κατὰ τὸν πατέρα· εἰκὼν γὰρ ὡς ἐν πᾶσιν, οὕτως καὶ μάλιστα ἐν τῷδε τοῦ πατρὸς ἐκηρύχθη ὁ σωτὴρ ἡμῶν.

Die ganze heilige Synode — heißt es nun weiter — habe diese Deklaration als die apostolische und heilsame Lehre angenommen; nur Theodotus von Laodicea, Narcissus von Neronias und Eusebius von Cäsarea hätten ihre abweichende Meinung hinter listigen und täuschenden Reden verborgen — ἐναργῶς, ἐξ ὧν ἠρωτήθησαν καὶ ἠρώτησαν, ἠλέγχθησαν ὁμοδοξοῦντες τοῖς μετ᾽ Ἀρείου καὶ ἐναντία τοῖς προκειμένοις φρονοῦντες. Demgemäß habe die Synode beschlossen, ihres falschen Glaubens wegen ihnen als Unwürdigen die Kirchengemeinschaft zu versagen; sie schreibe das, damit auch Alexander die Gemeinschaft mit ihnen und die Korrespondenz aufhöbe; indessen habe die Synode ihnen Zeit zur Umkehr verstattet bis zur großen und heiligen Synode von Ancyra. »Beeile dich nun, allen gleichgesinnten Brüdern diesen Beschluß zu schicken, damit sie betreffs der drei Bischöfe orientiert sind und wissen, was diese Abtrünnigen für Leute sind.« Mit den üblichen Grüßen schließt das Schreiben.

Es folgt nun noch eine historische Notiz, die also lautet:

Ἐπέστειλαν δὲ περὶ τῆς αὐτῆς ὑποθέσεως τὰ αὐτὰ δι' ἑτέρου γράμματος καὶ πρὸς τοὺς τῆς Ἰταλίας ἐπισκόπους τοὺς ὑπὸ τὸν τῆς μεγάλης Ῥώμης θρόνον καὶ ἐποιήσαντο κἀκεῖνοι πρὸς τὴν σύνοδον ἔγγραφον ἀπόκρισιν συντιθεμένην πᾶσιν τοῖς ὑπ' αὐτῆς ὡρισμένοις εἴτε περὶ πίστεως εἴτε περὶ ἐκκλησιαστικῶν κανόνων· ἐν ᾗ καὶ αὐτοὶ κατατάξαντες ἔπεμψαν κε' κανόνας πρὸς ταύτην τὴν ἁγίαν σύνοδον τὴν ἐν Ἀντιοχείᾳ συνηγμένην καὶ δι' αὐτῆς πρὸς πάντας τοὺς τῆς Ἀνατολῆς ἐπισκόπους· οὕσπερ καὶ αὐτοὺς γράψω σοι ἐν ταύτῃ τῇ βίβλῳ μετ' ὀλίγα, ἵνα καὶ αὐτοὺς μάθῃς. Ζητητέον δὲ πῶς κατὰ Ἀρείου καὶ τῶν αὐτῷ ὁμοδόξων ἀγωνιζόμενοι οὐ μέμνηνται τοῦ ὁμοουσίου ὀνόματος οὗτοι οἱ ἅγιοι καὶ τῆς ἀληθείας ὑπέρμαχοι ἐπίσκοποι, καίτοι ὕστερον ἐγένοντο τῆς ἁγίας ἐν Νικαίᾳ συνόδου· καὶ οἱ πλεῖστοι αὐτῶν ἦσαν ἐν τοῖς ἐκεῖσε συναχθεῖσιν.

Die 25 römischen Kanones, die hier angekündigt sind, finden sich in der Handschrift nicht; dagegen stehen — und zwar erst fol. 171r — 16 Kanones mit der seltsamen Überschrift: Ἔτι ἄλλοι κανόνες ἐξ ἐπιστολῆς τῆς παρ' Ἰταλίας πρὸς τοὺς τῆς Ἀνατολῆς ἐπισκόπους γεγραμμένης, οἵπερ ἐπέμφθησαν ὑπὸ τῶν ἐν Ἀντιοχείᾳ συνηγμένων ἐπισκόπων. Also sind die angeblich römischen Kanones vielmehr antiochenische, die aus Rom wieder nach Antiochien zurückkamen. Solche sind ja auch in der »Historischen Notiz« bezeugt (s. oben). Die Kanones sind noch nicht gedruckt; nach der Mitteilung, die Hr. Schwartz gibt, sind sie unzweifelhaft orientalisch, und zwar decken sie sich mit den Kanones des Basilius (ep. 217 ad Amphiloch.).

II.

Was ist das für eine antiochenische Synode, deren Synodalschreiben hier vorliegen soll? Der Schreiber der »Historischen Notiz« meint, sie sei vor dem Nicänischen Konzil abgehalten, und macht auf das Fehlen des »ὁμοούσιος« bei sonst orthodoxen Bischöfen aufmerksam. Hr. Schwartz folgt ihm unbedenklich. Allein, was der Schreiber meint, ist zunächst ganz gleichgültig; das Synodalschreiben selbst liegt uns ja vor; auf sein Selbstzeugnis allein kommt es an.

Für die Ansetzung vor dem Nicänum spricht 1. das Fehlen des ὁμοούσιος, 2. die Erwähnung, daß die traurigen Zustände in Antiochien durch das Verbot der Weltleute (Weltherrscher), eine Synode abzuhalten, hervorgerufen seien. Das paßt auf die vornicänische Zeit (Licinius), 3. die Erwägung, daß ein Synodalschreiben, welches an die vornicänischen Schreiben Alexanders von Alexandrien sich anschließt[1], diesen sehr bald gefolgt sein wird, 4. die Mitteilung, daß

---

[1] So eng, daß es das bedeutende Initium des einen derselben einfach wiederholt.

den drei vorläufig abgesetzten Bischöfen eine Bekehrungsfrist bis zur »großen und heiligen Synode in Ancyra« gegeben worden sei. Indessen, diese Mitteilung beweist zuviel und wird sofort zum Verräter der Unechtheit; denn a) eine Synode, die noch nicht abgehalten ist, kann nicht »die große und heilige« genannt werden, b) die Synode von Ancyra hat vor dem Ausbruch des arianischen Streites zwischen Ostern 314 und 315 stattgefunden[1]. Hr. Schwartz hilft sich hier so, daß er annimmt, mit der Synode zu Ancyra sei nicht die bekannte, sondern die gemeint, welche in Nicäa zusammentrat; denn nach einer bei den Syrern erhaltenen Nachricht habe ursprünglich die Absicht bestanden, das Konzil in Ancyra abzuhalten; das Ausschreiben dorthin müsse schon ergangen sein, als unsere antiochenische Synode zusammentrat, und somit sei alles in Ordnung; unsere Synode sei deshalb so nahe wie möglich an das Nicänum heranzurücken. Ein wahres Nest von Unwahrscheinlichkeiten und Gewaltsamkeiten! Unwahrscheinlich ist, daß »die große und heilige Synode von Ancyra« eine andre sein soll als die durch ihre Kanones allgemein bekannte; unglaubwürdig ist die spät auftauchende Notiz, daß das große Konzil ursprünglich in Ancyra tagen sollte (das Aktenstück, in dem sie sich findet, ist gefälscht, s. u.); aber selbst wenn die Notiz richtig wäre, fehlt doch jede Angabe darüber, daß das Konzil wirklich nach Ancyra ausgeschrieben worden ist; wäre das geschehen, so müßten wir es wissen; endlich — auch wenn es nach Ancyra ausgeschrieben worden ist, so hätte doch nicht die Synode, die erst zusammentreten sollte, die große und heilige Synode genannt werden können (s. o.). Also steht es so: unser Synodalschreiben will vornicänisch sein, enthält aber durch die Erwähnung der bekannten Synode von Ancyra als noch zukünftig einen ganz groben historischen Verstoß[2]; denn hiernach müßte unser Schreiben vor das Jahr 315 fallen, in welchem doch von Arianismus noch keine Rede war.

Aber ebenso deutlich wie die Einsicht, daß das Synodalschreiben vornicänisch sein will, ist die Beobachtung, daß es das Nicänum voraussetzt bzw. nachnicänisch sein und sich mit dem Erlasse einer der bekannten Synoden, die bald nach dem Nicänum in Antiochien abgehalten worden sind, identifizieren will; denn 1. es beruft sich klipp und klar auf das Glaubenssymbol der 318 Bischöfe, d. h. der Väter von Nicäa (ἔστιν οὖν ἡ πίστις, ἡ προετέθη ὑπ᾽ ἀνδρῶν πνευματικῶν τιη . . . ἥδε) — die Tatsache, daß es den Sinn des Nicänums wesentlich in den Worten Alexanders von Alexandriens wiedergibt, kann daran nichts ändern,

[1] Siehe meine Chronologie II, S. 160.

[2] An die Synode von Ancyra im Jahre 358 (semiarianisch) ist natürlich nicht zu denken.

2. es wiederholt mit leichter Paraphrasierung den polemischen Schluß des Nicänums wörtlich, 3. es läßt den Eustathius den Eusebius von Cäsarea exkommunizieren, parallel zu der antiochenischen Synode vom Jahre 330, auf welcher umgekehrt Eusebius den Eustathius exkommuniziert hat, 4. es behauptet, auf der Synode seien Bischöfe aus Palästina, Arabien, Phönizien, Zölesyrien, Zilizien und einige aus Kappadozien zugegen gewesen; das kommt der Nachricht sehr nahe, auf einer der bald nach dem Nicänum in Antiochia gehaltenen Synoden seien Bischöfe aus Zölesyrien, Phönizien, Palästina, Arabien, Mesopotamien, Zilizien und Isaurien gewesen, 5. das Synodalschreiben enthält fast lauter Namen von Bischöfen, die auch in Nicäa zugegen gewesen sind; vergleicht man nämlich die Namen (s. die Zusammenstellung von Schwartz S. 285ff.), so finden sich von den 22 zölesyrischen Bischöfen, welche zu Nicäa unterschrieben haben, 20 (d. h. 20 identische Namen) auch auf dieser antiochenischen Synode usw., so daß unter den 59 Namen nur 7 vorkommen, die sich in den nicänischen Subskriptionen nicht finden; aber von diesen 7 kommen 2 auf der bekannten antiochenischen Synode vor (Mokimu und Alexander), und nur 5 sind nicht nachweisbar (Avidius, Irenäus, Irenikus, Rabbula und Terentius). Hr. Schwartz sucht der evidenten Tatsache, daß das Nicänum vorausgesetzt, also eine nachnicänische antiochenische Synode gemeint sei, dadurch zu entgehen, daß er die Zahl »318« als späteren Zusatz streicht[1]; aber damit ist gar nichts gewonnen; denn es bleibt bestehen, daß diese Väter sich auf eine Glaubensdeklaration »geistlicher« Männer von höchstem Ansehen berufen und dabei den polemischen Schluß des Nicänums vortragen; also setzen sie eben das Nicänum voraus[2].

Da das Aktenstück somit offenkundig Züge trägt, nach denen es vor dem Jahre 315 entstanden ist, ferner solche, nach denen es nach 315 und kurz vor 325 erlassen sein muß, endlich solche, nach denen es notwendig nach dem Jahre 325 niedergeschrieben worden ist, so ist es das stümperhafte Machwerk eines späten Fälschers, der, selbst geschichtlich ganz unwissend, seinen Lesern alles bieten zu dürfen glaubte. Dieser Fälscher ist so unwissend, daß er nicht die geringste Unterscheidung besitzt in bezug auf das, was vor und was nach Nicäa geschehen ist, vielmehr dreist drauflosfabuliert und das, was zwischen 314 und 330 passiert ist, bunt durcheinander wirft.

---

[1] Die Zahl steht im Ms. am Ende der Zeile, aber, wie Hr. Schwartz bemerkt, deutlich am Rand und außerhalb des Schriftkörpers. Aber ist sie von anderer Hand?

[2] Wenn daher die Zahl interpoliert sein sollte, so ist sie eine sachlich richtige Interpolation.

III.

Die Verstöße sind so grotesk und so evident, daß man eben deshalb zögert, sie irgend jemandem — sei es auch in der dunklen Zeit des 6. und 7. Jahrhunderts — zuzumuten. Wir wollen darum versuchsweise die gröbsten Verstöße als spätere Zusätze streichen und annehmen, daß die Erwähnung der Synode von Ancyra und die Zahl 318 Interpolationen seien und daß die Glaubensdeklaration doch älter als das Nicänum sein könne, wenn sie auch in ihrem polemischen Schluß nahezu mit ihm identisch ist[1]. Aber auch nach diesen Zugeständnissen bleiben nicht nur einzelne schlimme Dinge nach — eine syrische Synode soll im Jahre 324 »θεοτόκος« für Maria gebraucht und sie soll ihr Antwortschreiben mit denselben Worten eröffnet haben, mit denen die Zuschrift beginnt![2] —, sondern auch die ganze Situation erscheint noch immer als eine unglaubliche bzw. unmögliche. Man erwäge:

1. Alexander von Alexandrien hat sein Rundschreiben, betreffend die Absetzung des Arius, erlassen; ein Konzil nach Nicäa ist bereits ausgeschrieben. Da wird wenige Monate vor seinem Zusammentritt in Antiochien eine große orthodoxe Synode von 59 Bischöfen gehalten (so viele Bischöfe sind vor dem Nicänum unseres Wissens in Syrien kaum jemals zusammengekommen) — und von einer solchen Synode sollten Eusebius, Athanasius, Sokrates, Sozomenus, Theodoret schlechterdings nichts berichten?

2. Auf dieser Synode sollen fast nur solche Bischöfe gewesen sein, die gleich darauf auch in Nicäa waren; sie müssen sich also in corpore von Antiochia nach Nicäa begeben haben! Möglich ist das; wahrscheinlich ist es nicht.

3. Von diesen 59 Bischöfen sollen 56 nicht nur die Absetzung des Arius in Alexandrien von vornherein gebilligt, sondern auch eine so orthodoxe Haltung eingenommen haben, daß von einer Mittelpartei überhaupt keine Rede ist — und dies in Syrien, wo noch in den dreißiger und vierziger Jahren der Semiarianismus herrschte und man sich über den Irrglauben der Majorität daselbst so bitter beklagte!

4. Eben diese 56 Bischöfe sollen einstimmig wenige Monate vor dem Nicänum eine Glaubensformel angenommen haben, die bereits Anathematismen enthält, die sich mit den nizänischen decken — und darüber sollen Eusebius, Athanasius, Sokrates usw. stets geschwiegen,

[1] Wir nehmen somit versuchsweise an, die Synode, auf die sich die Glaubensdeklaration bezieht, sei die von Alexandria, auf welcher Arius zum ersten Mal exkommuniziert worden ist.

[2] Ἑνὸς σώματος ὄντος τῆς καθολικῆς ἐκκλησίας — ein solcher Fall ist nach meiner Kenntnis der kirchlichen Korrespondenz im Altertum unerhört.

und das Nicänum soll doch den Verlauf gehabt haben, den es nach urkundlichen Zeugnissen genommen hat!

5. Eben diese Bischöfe haben den berühmten Eusebius von Cäsarea als Irrlehrer angeblich verurteilt — und dennoch soll er in Nicäa die Rolle gespielt haben, die er spielte, und niemand soll seine vorläufige Verurteilung als Ketzer erwähnt, und auch später noch sollen seine Feinde diese furchtbare Niederlage verschwiegen haben! Dazu: der kluge Eusebius soll so töricht gewesen sein, sich — ohne es nötig zu haben — auf eine Synode nach Antiochien zu begeben, wo er 56 Gegner und nur 2 Freunde vorfand!

6. Diese große antiochenische Synode endlich soll so zustande gekommen sein, daß ein obskurer Bischof aus Isaurien[1] — ihn hält nämlich Hr. Schwartz für den Bischof Eusebius, der im Synodalschreiben an erster Stelle genannt ist[2] — nach Antiochia kam und, weil er dort schwere Unordnungen und eine Sedisvakanz fand, die Bischöfe von mehreren Provinzen zusammenrief. Sie sollen wirklich dem Rufe gefolgt sein, ihn, den Isaurier, zum Präses gemacht und unter seiner Leitung getagt haben! Diese Art, wie die Synode zusammengekommen sein und wie ein obskurer Mann hier das Wort geführt haben soll[3], ist ebenso unglaublich, um nicht zu sagen, unmöglich, wie alles übrige.

Also ist durch die Annahme von Interpolationen hier nicht zu helfen. Das ganze Stück ist vom Anfang bis zu Ende die Fälschung eines Ignoranten. Unter solchen Umständen hat es natürlich gar kein Interesse, das zu untersuchen, was in der »Historischen Notiz« noch hinzugefügt worden ist. Entweder ist der Fälscher selbst ihr Verfasser oder ein Späterer, der die Fälschung geglaubt hat. In beiden Fällen ist die »Notiz«, die von einer Korrespondenz der Synode mit den italienischen Bischöfen und von 25 Kanones fabelt, gleich wertlos. Die Korrespondenz und die Kanones sind übrigens dem nachgebildet, was sich auf einer späteren antiochenischen Synode wirklich zugetragen hat und allgemein bekannt war.

Unsere Kenntnis dessen, was sich in dem letzten Jahr vor dem Nicänum und in den folgenden zehn Jahren abgespielt hat, ist lückenhaft und in vieler Hinsicht unsicher; aber so schlecht ist sie doch nicht, daß wir außerstande wären, ein Aktenstück von solchen Merkmalen, wie sie dieses Synodalschreiben trägt, zu kritisieren und gebührend zurückzuweisen.

---

[1] Der dann auch in Nicäa anwesend gewesen sein soll.

[2] Aber Isaurien ist in der Liste der Provinzen, aus denen Bischöfe zu der Synode nach Antiochia gekommen sind, überhaupt nicht genannt!

[3] Man beachte, daß das Schreiben in der 1. Pers. Sing. abgefaßt ist.

IV.

Eine Fälschung ist erst dann erklärt, wenn es gelungen ist, ihren Anlaß und ihre Motive zu entziffern. Auch das ist hier in hohem Maße möglich.

1. Auszugehen ist davon, daß der Fälscher seiner Fälschung die beiden Schreiben Alexanders von Alexandrien zugrunde gelegt und sie hauptsächlich nach ihnen konstruiert hat. In dem Schreiben (Theodoret I, 3, S. 740 ed. Noesselt) heißt es aber: καὶ οὐκ οἶδ' ὅπως ἐν Συρίᾳ χειροτονηθέντες ἐπίσκοποι τρεῖς διὰ τοῦ συναινεῖν τῷ Ἀρείῳ καὶ Ἀχιλλᾶ ἐπὶ τὸ χεῖρον ὑπεκκαίουσι· περὶ ὧν ἡ κρίσις ὑπανακείσθω τῇ ὑμετέρᾳ δοκιμασίᾳ [d. h. dem Alexander von Byzanz, an den auch unser Brief gerichtet ist], und am Schlusse bittet Alexander von Alexandrien die Bischöfe, keinen Arianer in die Kirchengemeinde aufzunehmen, vielmehr so zu handeln wie jene Bischöfe von Ägypten, Libyen, der Pentapolis, Syrien, Lyzien, Pamphylien, Asien, Kappadozien usw., welche schriftliche Erklärungen gegen den Arianismus bereits an ihn geschickt, bzw. seine Glaubensdeklaration unterzeichnet hätten (S. 747). Da liegt der Anlaß für die Fälschung offen vor uns. Sie ist als syrisches Schreiben, und zwar als ein Echo der Zuschrift Alexanders aus Antiochia gedacht, und vielleicht werden auch deshalb drei Bischöfe in ihr exkommuniziert. Welche Bischöfe Alexander gemeint hat, weiß man nicht und ist auch gleichgültig. Der Fälscher setzte Theodotus von Laodizea, Narzissus von Neronias und den berühmten Eusebius von Cäsarea ein. Theodotus war in der Tat ein Freund des Arius und Führer der Arianer, und Narzissus war ein Gesinnungsgenosse des Eusebius[1].

2. Neben dem berühmten Eusebius von Cäsarea sind die beiden anderen Bischöfe fast obskure Leute. Also darf man sagen, daß sich die Fälschung gegen Eusebius richtet. Hierin liegt ihr Akumen, und er ist hauptsächlich gemeint, wenn es von den drei Bischöfen auf der Synode heißt: »πολυτρόπως λαθεῖν πειρηθέντες καὶ κατακρύπτειν τὰς πλάνας αὐτῶν πιθανολογίαις οὐκ ἀληθέσιν, ὅμως ἐναντία εἰσάγοντες ἐφάνησαν· καὶ γὰρ ἐναργῶς . . . ἠλέγχθησαν ὁμοδοξοῦντες τοῖς μετ' Ἀρείου.« Nicht nur in späterer Zeit war bekanntlich die Orthodoxie des großen Kirchenhistorikers sehr umstritten, sondern schon bei seinen Lebzeiten. Sokrates (I, 23) schreibt von ihm: Εὐσέβιος ὁ Παμφίλου διγλώσσου δόξαν ἐκτήσατο, ὅτι τὰς αἰτίας λέγειν ἐκκλίνων μὴ

[1] Eusebius hat ihn gegen Marcell verteidigt; s. Marcell bei Euseb. c. Marcell. I, 4: ἐντυχὼν γὰρ Ναρκίσσου τοῦ Νερωνιάδος προεστῶτος ἐπιστολῇ, ἣν γέγραφε πρὸς . . . Εὐσέβιον, ὡς Ὁσίου τοῦ ἐπισκόπου ἐρωτήσαντος αὐτόν, εἰ ὥσπερ Εὐσέβιος ὁ τῆς Παλαιστίνης δύο οὐσίας εἶναί φησιν, οὕτως καὶ αὐτὸς λέγοι, ἔγνων αὐτὸν ἀπὸ τῶν γραφέντων τρεῖς εἶναι πιστεύειν οὐσίας ἀποκρινόμενον.

συνευδοκεῖν τοῖς ἐν Νικαίᾳ συνέθετο. Ihn wollte der Fälscher daher treffen durch die Lügenlegende, er sei von einer großen antiochenischen Synode abgesetzt worden, und so sein in der Kirche bestehendes hohes Ansehen ruinieren.

3. Aber wer hat ihn abgesetzt? Nach dem Synodalschreiben, wie es uns vorliegt, ein Bischof, ebenfalls den Namen Eusebius führend, den Hr. Schwartz aus Verlegenheit mit einem obskuren isaurischen Bischof, der zu Nicäa anwesend gewesen ist und von dem man sonst schlechterdings nichts weiß, identifiziert. Das kann natürlich nicht sein. So verfährt kein Fälscher; er braucht einen illustren Namen! Nun, nach dem Namen dieses obskuren Eusebius folgt in dem gefälschten Schreiben aber sofort ein sehr bekannter Name, nämlich der des Eustathius. Eustathius war nicht nur Bischof von Antiochien (schon zur Zeit des Nicänums) — eben den Bischof von Antiochien brauchen wir für eine antiochenische Synode —, sondern auch das Haupt der Orthodoxie in Syrien, und er ist bekanntlich von Eusebius von Cäsarea und seinen Freunden ein paar Jahre nach dem Nicänum auf einer Synode zu Antiochien abgesetzt worden (s. Sokrat. I, 24 cum parall.). Mit einem Schlage wird nun klar, wie der Anfang des Synodalschreibens zu lesen ist — nicht τῷ ἁγίῳ καὶ ὁμοψύχῳ ἀδελφῷ ἀγαπητῷ καὶ συλλειτουργῷ Ἀλεξάνδρῳ Εὐσέβιος, Εὐστάθιος, Ἀμφίων κτλ., sondern τῷ ἁγίῳ .... Ἀλεξάνδρῳ (τῷ) εὐσεβεῖ Εὐστάθιος, Ἀμφίων κτλ. Eustathius ist als der Präses der Synode und als der Verfasser des Synodalschreibens anzusehen; nur auf ihn paßt die hohe Stellung, die der Leiter der Synode und der Schreiber des Synodalbriefs einnimmt[1], und die ganze Fälschung hat also klärlich den Zweck, der historischen Absetzung des orthodoxen Eustathius durch den heterodoxen Eusebius — diesem Skandalon der Kirchengeschichte! — dreist eine erlogene Absetzung des Eusebius durch Eustathius entgegenzusetzen[2].

4. Ob noch eine dogmatische Nebenabsicht den Fälscher geleitet hat, darf man fragen. Es ist oben darauf hingewiesen worden, daß

---

[1] Wenn der Schreiber von sich sagt: ἐλθὼν γὰρ εἰς τὴν τῶν Ἀντιοχέων καὶ ἰδὼν τὴν ἐκκλησίαν λίαν ταραχθεῖσαν, so hat man sich zu erinnern, daß Eustathius erst kurz vor dem Nicänum zum Bischof von Antiochien gewählt worden ist, während er vorher Bischof von Beröa war.

[2] Hr. Schwartz, an beide Absetzungen glaubend, nimmt (S. 281 Nr. 1) an, Eusebius habe im Jahre 330 Rache genommen an Eustathius für die Absetzung, die dieser sechs Jahre zuvor über ihn verhängt hatte. Er hätte demnach selbst seinen eigenen Text verbessern und den Εὐσέβιος in einem εὐσεβεῖ verschwinden lassen sollen. Freilich — in der Hauptsache wäre so doch nichts geändert; denn nicht Eusebius von Cäsarea hat im Jahre 330 Rache an Eustathius seiner Absetzung wegen genommen, sondern ein Fälscher des 6. oder 7. Jahrhunderts hat sich an Eusebius gerächt, weil er den Eustathius abgesetzt hat.

der Fälscher für die Prädikate »ἄτρεπτος καὶ ἀναλλοίωτος« ein besonderes Interesse zeigt, welches über das Interesse, das ihnen die Vorlage (der Brief Alexanders) zollt, weit hinausgeht. Hebt doch der Fälscher schon bei der ersten Person der Gottheit, also bei Gott selbst, hervor, daß ihm diese Prädikate zukommen. Das weist meines Erachtens auf die monophysitischen Kämpfe, in denen bekanntlich auf das hitzigste über die Leidensunfähigkeit und Unveränderlichkeit der Gottheit gestritten wurde. Dennoch glaube ich nicht, daß der Fälscher zu bestimmten Zwecken die Unveränderlichkeit hervorgehoben hat; hätte er solche verfolgt, so hätte er sich noch deutlicher ausgedrückt. Wohl aber hat er seine Zeit und ihre Interessen durch jene Hervorhebung verraten. Er schrieb in der Zeit der monophysitischen Kämpfe — ob im 6. oder im 7. Jahrhundert, das läßt sich nicht mehr ermitteln[1].

Weder im Dezember 324 noch sonst vor dem Nicänum hat eine große antiochenische Synode, die das Nicänum antizipiert hat, stattgefunden. Alles ist dreist erlogen, das Synodalschreiben und die Synode selbst — erlogen in einer Zeit, in der entsetzlich viel in Ost und West (auch in Rom) gefälscht worden ist, gefälscht zu dogmatischen, gefälscht zu kirchenpolitischen, gefälscht zu erbaulichen Zwecken, gefälscht aus Lust am Fabulieren, gefälscht, um die frühere Geschichte, wo sie unbequem und anstößig war, zu übermalen oder auszutilgen. Auch speziell für Antiochia ist viel gefälscht worden; ich erinnere an die Fälschungen in bezug auf die ersten Bischöfe, an die Fälschung einer apostolischen Synode in Antiochien[2] und an die Fälschung eines antiochenischen Symbols gegen Paul von Samosata[3]. Unsere Fälschung, die wie die anderen den Stuhl von Antiochia erheben soll — er soll schon vor dem Nicänum für die Orthodoxie eingetreten sein! — stellt eine Geschichtsfälschung gleichsam in Reinkultur dar. Das Ansehen des größten Historikers der alten Kirche sollte zum Ruhme der Kirche von Antiochia vernichtet werden. Der Fälscher besaß nichts als Aktenstücke und Berichte, die wir auch noch besitzen, nämlich eine Kanonensammlung und was man bei Sokrates und Genossen las; von Chronologie hatte er keine Ahnung. Seinen Zorn erregte die Absetzung des orthodoxen Eustathius durch Eusebius. Er durfte es seinem Publikum gegenüber wagen, die Ge-

---

[1] In dogmaticis war der Fälscher nicht ganz ungebildet. Das beweist die Beobachtung, daß er in der Glaubensdeklaration, die sich so eng an die Alexanders von Alexandrien anschließt, alles Anstößige wiederzugeben vermieden hat, was er dort reichlich fand.

[2] Ich habe über sie in der »Missionsgeschichte« (1. Aufl.) S. 52 ff. eingehend gehandelt.

[3] Hahn, Bibliothek der Symbole (3. Aufl.) § 152.

schichte hier einfach umzukehren, und sich dabei die gröbsten geschichtlichen Verstöße und Widersprüche erlauben; denn er empfand sie selbst nicht und konnte auf noch ungebildetere Leser rechnen. Wir wissen nicht, daß seine Fälschung einen Erfolg gehabt hat — andere fraudes Syrorum waren darin glücklicher —; nur in einer syrischen Handschrift versteckt ist sie auf uns gekommen, aber bis vor drei Jahren nicht ans Tageslicht getreten.

Anhang.

Das Schreiben Konstantins, durch welches er das angeblich nach Ancyra berufene Konzil nach Nicäa verlegt und die Bischöfe dorthin einlädt.

Die Annahme von Hrn. Schwartz, das große Konzil sei ursprünglich von Konstantin nach Ancyra berufen worden (s. oben), stützt sich ausschließlich auf ein ebenfalls nur syrisch erhaltenes Schreiben[1], das die Überschrift trägt: »Brief des Basileus Konstantin an die Synode der 318 Väter.« In der Retroversion von Schwartz (a. a. O. S. 289), der es unbedenklich für echt hält, lautet es:

Τὸ μηδὲν ἐμὲ ἔχειν ὃ ἂν τιμιώτερον ᾖ ἐν τοῖς ὀφθαλμοῖς μου τῆς εὐσεβείας, παντὶ δῆλον εἶναι νομίζω. ἐπεὶ δὲ τὴν τῶν ἐπισκόπων σύνοδον ἐν Ἀγκύρᾳ τῆς Γαλατίας γενέσθαι πρότερον συνεφωνήθη, νῦν πολλῶν ἕνεκα καλὸν εἶναι ἔδοξεν ἵνα ἐν Νικαίᾳ τῇ τῆς Βιθυνίας πόλει συναχθῇ, διότι τε οἱ ἐκ τῆς Ἰταλίας καὶ τῶν λοιπῶν τῆς Εὐρώπης μερῶν ἔρχονται ἐπίσκοποι καὶ διὰ τὴν καλὴν τοῦ ἀέρος κρᾶσιν, ἔτι δὲ καὶ ἵν' ἐγὼ ἐγγύθεν θεατὴς ὦ καὶ κοινωνὸς τῶν γενησομένων. διὰ τοῦτο γνωρίζω ὑμῖν, ἀδελφοὶ ἀγαπητοί, πάντας ὑμᾶς εἰς τὴν εἰρημένην πόλιν, τουτέστι δ' εἰς Νίκαιαν, διὰ σπουδῆς ἐθέλειν ἐμὲ συναχθῆναι. ἕκαστος οὖν ὑμῶν ὁρῶν εἰς τὸ χρήσιμον, ὡς προείρηκα, σπευδέτω ἄνευ τινὸς μελλήσεως ταχέως ἐλθεῖν, ἵνα θεάτης τῶν γενησομένων αὐτὸς ἐγγύθεν γένηται. ὁ θεὸς ὑμᾶς διαφυλάξει, ἀδελφοὶ ἀγαπητοί.

Zunächst — wie Hr. Schwartz aus diesen Worten bestimmt schließen konnte, das Nicänische Konzil sei von Konstantin zuerst nach Ancyra berufen worden, ist nicht ersichtlich. Diese Auslegung ist nur eine der beiden Möglichkeiten. Die Worte bedeuten viel wahrscheinlicher, daß, nachdem schon früher in Ancyra eine Synode gehalten worden sei, nunmehr eine solche in Nicäa stattfinden solle. Wir haben also hier wahrscheinlich dieselbe Rückbeziehung auf die

---

[1] Siehe Pitra, Analecta Sacra IV, 224 f. (452). Über die Überlieferung s. dort und Schwartz, a. a. O. 1904, S. 358 not. 2.

bekannte Synode von Ancyra zu erkennen, die sich auch in dem gefälschten Synodalschreiben (s. oben) findet[1].

Eben diese Rückbeziehung wird aber bereits zum Verräter der Unechtheit auch dieses Schriftstücks; denn die Synode von Ancyra lag weit zurück und irgendeine Beziehung zwischen ihr und dem Nicänum gibt es nicht. Dagegen lag es in späterer Zeit nahe, solche Beziehungen zu konstruieren, weil in den Kanonessammlungen die Kanones von Ancyra und Nicäa zusammenstanden.

Eusebius hat in der Vita Constant. III, 6 das Einladungsschreiben zum Nicänischen Konzil bekanntlich nicht mitgeteilt; er schreibt nur, der Kaiser habe eine ökumenische Synode zusammenberufen, σπεύδειν ἁπανταχόθεν τοὺς ἐπισκόπους γράμμασι τιμητικοῖς προκαλούμενος. Das Schreiben bzw. die Schreiben sind auch sonst in griechischer Sprache nirgends überliefert. Sollte sich das Schreiben im Syrischen erhalten haben? Das wäre möglich; aber ebenso möglich ist, daß man es nachträglich konstruiert hat, weil man es vermißte. Daß das uns vorliegende Aktenstück konstruiert und also unecht ist, ergibt sich 1. aus der versuchten, aber sachlich unmöglichen Beziehung auf die Synode von Ancyra, 2. aus der fehlenden Adresse — hält man die Überschrift »An die Synode der 318 Väter« für ursprünglich, so ist die Unechtheit schon entschieden, hält man sie für sekundär, so fehlt dem Briefe das Notwendigste, 3. die drei Gründe, die für die Berufung nach Nicäa angegeben werden (die Rücksicht auf die italienischen und die europäischen Bischöfe, die gesunde Lage der Stadt, die Möglichkeit für den Kaiser, »Zuschauer und Genosse« zu sein), mögen gerade noch passieren, aber daß die sachlichen Gründe für den Zusammentritt des großen Konzils in der Einladung gefehlt haben, ist unglaublich. Wir wissen, daß die Synode zusammengerufen worden ist, um die arianischen Streitigkeiten beizulegen und die Osterdifferenz zu beseitigen. Das muß natürlich im Ausschreiben gesagt worden sein, 4. der Stil des Schreibens ist von dem uns wohlbekannten Stil der christlichen Kanzlei Konstantins ganz verschieden. Das Schreiben ist also eine zwar harmlose Fälschung, aber doch nichts anderes als eine Fälschung, bestimmt, den weißen Fleck in der Vita Constantini des Eusebius auszufüllen, wo er von dem Einladungsschreiben des Kaisers spricht, ohne es mitzuteilen.

Als diese Zeilen bereits geschrieben waren, erinnerte ich mich, daß Hr. Loofs vor 24 Jahren in der Theologischen Literaturzeitung die Analecta Sacra Pitras gleich nach ihrem Erscheinen rezensiert

---

[1] Daher entsteht die Vermutung, die beiden Aktenstücke seien aus einer Schmiede; doch fehlt die Möglichkeit, dieser Vermutung weiter nachzugehen.

hat. Ich schlug die Zeitschrift auf und fand (1884, S. 574) folgendes zu unserm Schreiben vermerkt: »Den Kanones von Nicäa und der Liste der Synodalen sind unwichtige historische Notizen der Handschriften [bei Pitra] vorangeschickt. Ein in diesen Notizen enthaltener Brief Konstantins, der die Bischöfe zur Synode nach Nicäa ladet, ist zweifellos ebenso unecht wie der von Mai, Vet. Script. Nova Coll. X, S. 31 edierte Brief, der mit dem hier veröffentlichten nur das gemeinsam hat, daß beide das, wie wir sehen, früh vermißte Edikt Konstantins neu zu schaffen versuchen.« Wir sind also ganz einer Meinung. Somit fällt die Annahme, das Nicänische Konzil sei zuerst nach Ancyra berufen worden, ebenso dahin wie die anderen Aufstellungen, in denen Hr. Schwartz S. 289—299 die Vorgeschichte des Nicänums neu zu gestalten versucht hat.

Trigonometrische Höhenmessung und Refraktionskoeffizienten in der Nähe des Meeresspiegels.

Von F. R. Helmert.

1.

Es ist bekannt, daß der Refraktionskoeffizient $\varkappa$ hauptsächlich infolge seiner Abhängigkeit von der Temperaturänderung der Luft mit der Höhe starken zeitlichen Änderungen unterworfen ist. Bezeichnet τ die Änderung der Lufttemperatur in Graden für 1 m Erhebung, so ist angenähert in der Nähe des Meeresspiegels

$$\varkappa = 0.217 + 6.3\tau. \qquad (1)$$

Für je 1000 m Erhebung nimmt $\varkappa$ um nur 0.016 ab, falls τ konstant bleibt[1]. Diese Größe τ aber hat an einem Punkte der untersten Luftschicht von etwa 20 m Dicke nicht nur eine tägliche Periode von erheblicher Amplitude und ist stark vom Witterungscharakter abhängig, sondern sie ändert sich im allgemeinen auch sehr rasch mit der Höhe.[2] Deshalb ist bei trigonometrischen Höhenmessungen in der Nähe des Meeresspiegels die Voraussetzung der Kreisform des Lichtstrahls nur ausnahmsweise gestattet; im allgemeinen führt diese Voraussetzung zu erheblichen Fehlern. Es ist der Zweck dieses Aufsatzes, das an einigen Beispielen nachzuweisen und einiges bezügliche Beobachtungsmaterial über $\varkappa$ zu erörtern.

Wir setzen in der Höhe h über einem Punkte 1

$$\varkappa = \varkappa_1 + \varkappa' h. \qquad (2)$$

Dann ergibt sich mit gewöhnlich völlig ausreichender Genauigkeit für die Höhe $h_{1.2}$ eines Punktes 2 über 1 bei einseitiger Messung:

[1] F. R. Helmert, Theorien II, S. 578.

[2] Vgl. u. a. E. Hammer, Refr. über großen Wasserflächen, Zeitschr. f. Vermessungswesen 1900, S. 311 f.

$$h_{1.2} = s_m \cot z_{1.2} + \frac{1 - k_1}{2} \frac{s_m s_0}{\rho \sin^2 z_{1.2}} \tag{3}$$

mit

$$k_1 = \varkappa_1 + \frac{\varkappa'}{6}(h_{1.2} + s_m \cot z_{1.2}). \tag{4}$$

Hierin bezeichnet u. a. ρ den Krümmungsradius des Meeresniveaus für die Linie 1.2, s_0 deren Länge und s_m die Entfernung in der mittlern Höhe beider Punkte. Diese Formeln habe ich früher entwickelt (a. a. O. S. 572, 573).

Man schließt nun in bekannter Weise, daß $\frac{1}{2}k_1\gamma$ mit $\gamma = s_0 : \rho$ der Refraktionswinkel am Punkte 1 ist. Entsprechend wird für $\frac{1}{2}k_2\gamma$ am Punkte 2:

$$k_2 = \varkappa_2 + \frac{\varkappa'}{6}(-h_{1.2} + s_m \cot z_{2.1}), \tag{5}$$

wobei nach (2) zu setzen ist:

$$\varkappa_2 = \varkappa_1 + \varkappa' h_{1.2}. \tag{6}$$

Beachtet man nun noch die bekannte Gleichung im Dreieck aus den beiden Punkten 1 und 2 und dem Krümmungsmittelpunkte:

$$z_{1.2} + z_{2.1} = 180^\circ + \left(1 - \frac{k_1 + k_2}{2}\right)\gamma$$

sowie die Identität:

$$z_{1.2} = \frac{z_{1.2} + z_{2.1}}{2} + \frac{z_{1.2} - z_{2.1}}{2},$$

so folgt aus (3) leicht die Formel für gegenseitige Messung:

$$h_{1.2} = s_m \tan\frac{z_{2.1} - z_{1.2}}{2} + \frac{k_2 - k_1}{4} \frac{s_m s_0}{\rho} \sec^2 \frac{z_{2.1} - z_{1.2}}{2}. \tag{7}$$

Hierin darf man $k_2 - k_1$ mit Vernachlässigung von $\varkappa'^2$ und anderen kleinen Gliedern gleichsetzen:

$$k_2 - k_1 = \tfrac{1}{3}\varkappa' h_{1.2}, \tag{8}$$

wie man aus (4), (5) und (6) mit Benutzung von (3) und der entsprechenden Gleichung für $h_{2.1} = -h_{1.2}$ findet.

Damit folgt für gegenseitige Messungen:

$$h_{1.2} = s_m \tan\frac{z_{2.1} - z_{1.2}}{2}\left(1 + \frac{s_m s_0}{12\rho}\left[1 + \frac{h_{1.2}^2}{s_m^2}\right]\varkappa'\right).$$

Hierfür reicht es aus zu schreiben:

$$h_{1.2} = s_m \tan\frac{z_{2.1} - z_{1.2}}{2}\left(1 + \frac{s_m^2}{12\rho}\varkappa'\right). \tag{9}$$

Das Hauptglied dieser Formel ist der übliche Ausdruck, welcher also bei Anwesenheit eines merklichen Betrags von $\varkappa'$ eine Korrektion zu erhalten hat. Die Formel (9) würde für die meisten praktischen Fälle genügen, wenn nur die Annahme (2) über die Veränderung von $\varkappa$ mit der Höhe ausreichte. Dieses ist allerdings nur in beschränktem Maße der Fall.

Ich habe daher noch Formeln für die Annahme

$$\varkappa = \varkappa_1 + \varkappa_1' h + \tfrac{1}{2}\varkappa'' h^2 \qquad (10)$$

aufgestellt[1], welche bei gegenseitigen Messungen zu dem Ausdruck führt:

$$h_{1.2} = s_m \tan\frac{z_{2.1} - z_{1.2}}{2}\left(1 + \frac{s_m^2}{12\rho}\varkappa_m' - \frac{s_m^4}{240\rho^2}(1-\varkappa_m)\,\varkappa''\right). \qquad (11)$$

Hierin beziehen sich $\varkappa_m$ und $\varkappa_m'$ auf die mittlere Höhe beider Punkte.

Für solche Fälle, wo Strahlen in Betracht kommen, die sich dem Meeresspiegel bis auf weniger als etwa 3 m nähern, also insbesondere für Kimmstrahlen selbst, dürften auch die auf der Annahme (10) beruhenden Formeln noch ungenügend sein, denn innerhalb der etwa 3 m starken Luftschicht, welche unmittelbar an den Meeresspiegel angrenzt, ist $\varkappa$ mit h so veränderlich, daß eine Taylorsche Entwicklung nicht mehr ausreicht.

2.

Bei der Bestimmung der Höhe des astronomischen Pfeilers auf Wangeroog über dem Festlandspunkte Schillig von seiten des Kgl. Preuß. Geodätischen Instituts im Jahre 1888 wurde $\varkappa'$ unter Zuhilfenahme von Heliotropen gewonnen, die auf den Leuchttürmen in durchschnittlich 15 m Höhe über den Heliotropen neben den Winkelmeßinstrumenten aufgestellt waren. Es fanden sich folgende Zahlen für 100 000 $\varkappa'$:

6—8h a		10—12h a		2—4h p		5—7h p	
Aug. 15	+466	Aug. 13	+621	Aug. 14	+737	Aug. 14	+902
» 25	—043	» 15	785	» 17	818	» 30	433
» 31	+501	» 18	656	» 18	1393	» 31	394
Sept. 1	+098	» 30	554	» 31	364	Sept. 1	330
» 7	+430	» 31	599	Sept. 1	808	» 10	263
Mittel:	+290		+643		+824		+464
	7h.0 a		10h.7 a		2h.8 p		6h.1 p

(12)

[1] Bestimmung der Höhenlage der Insel Wangeroog usw. (Sitzungsber. 1907, S. 766 u. f.). Die Entwicklung setzt flache Strahlen voraus, bei denen man mit genügender Genauigkeit überall cot z gleich dem Höhenwinkel ε setzen kann.

Jedem Termin entsprechen 1 bis 5 Einzelbestimmungen (im Mittel 3) aus Beobachtungen auf beiden Stationen. Hier sind nur die Mittel angesetzt, da diese untereinander noch immer stärker abweichen, als die Einzelwerte einer Gruppe[1].

Nachstehende Tabelle zeigt die Abweichungen der einzelnen Terminwerte von dem Mittelwerte für das betreffende Zeitintervall:

+176	+142	− 6	+438
−333	− 22	+569	− 70
+211	+ 13	− 87	−201
+140	− 44	−460	− 31
−192	− 89	− 16	−134.

Hieraus folgt als mittlere Abweichung eines Terminwertes:

$$\pm 10^{-5}\sqrt{\frac{1\,072\,808}{16}}, \text{ d. i. } \pm 0.00259. \qquad (12^*)$$

Interpoliert man die umstehend gefundenen vier Stundenmittelwerte von $\varkappa'$ graphisch, so ergibt sich folgender Verlauf von $\varkappa'$ von 7^h0 a bis 6^h0 p:

7^h a	0.0029	1^h p	0.0078
8	38	2	81
9	47	3	82
10	57	4	76
11	66	5	63
12	73	6	48.

(13)

Die mittlere Abweichung eines wirklichen Wertes vom Tafelwerte beträgt nach (12*)

$$\pm 0.0026.$$

Man kann diese Größe ganz passend als »Streuung« der Reihe (13) bezeichnen, welchen Ausdruck H. BRUNS in die Kollektivmaßlehre eingeführt hat.[2]

Wie aus obiger Zusammenstellung ersichtlich ist, sind diese Werte von $\varkappa'$ aus Beobachtungen an mehreren Tagen von Mitte August bis Mitte September gewonnen. Die Visuren überstreichen fast in ihrer ganzen Länge von 12.8 km den Meeresspiegel in einem Raum von 8 bis etwa 30 m Höhe. Die Meereshöhe, welche den Tabellenwerten zukommt, ist rund 13 m, wie man erkennt, wenn man in die Entwickelung noch $\varkappa''$ aufnimmt (vgl. Sitzungsber. 1907 (23*), S. 779), wobei sich zeigt, daß im Mittel obige Werte das Aggregat $\varkappa'_1 + 4.20\,\varkappa''$

---

[1] Vgl. Sitzungsber. 1907, S. 775/776.

[2] H. BRUNS, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Kollektivmaßlehre. Leipzig und Berlin 1906, S. 119. Es wäre sehr nützlich, bei den Mittelwerten der Refraktionskoeffizienten die Streuung mit anzugeben. Erst dadurch wird das Beobachtungsergebnis vollständig charakterisiert.

vorstellen. Hierbei bezieht sich $\varkappa_r'$ auf den unteren Beobachtungspunkt von 9 m Meereshöhe, das Aggregat also auf 9 + 4 = 13 m.

Der Vollständigkeit wegen mögen hier noch die Werte von $\varkappa_r$ selbst, die ähnlich wie die Werte (13) durch graphische Interpolation gewonnen wurden, angegeben werden:

7^h a	0.130	1^h p	0.037	
8	107	2	038	
9	087	3	047	(14)
10	070	4	064	
11	055	5	087	
12	043	6	115.	

Diese Werte gehören zu 9 m Meereshöhe. Die Streuung beträgt ±0.032.

Leider war es nicht erlaubt, in der Nacht (statt der Turmheliotrope) Lichtsignale anzuwenden, so daß für die Wertreihen (13) und (14) die Nachtbeobachtungen fehlen.

Eine Abhängigkeit der Werte $\varkappa_r$ und $\varkappa'$ von der allgemeinen Witterungslage konnte ich aus den beobachteten Barometerständen, Windrichtungen und Windstärken nicht erkennen. Es muß aber hervorgehoben werden, daß ausschließlich nach Heliotropenlicht beobachtet wurde, also »schlechtes« Wetter überhaupt ausgeschieden ist. In den unteren Luftschichten sind die Verhältnisse wegen der Nähe der physischen Erdoberfläche aber auch wohl weniger günstig für das Hervortreten des Einflusses der Witterungslagen, als in den oberen[1]. Der Einfluß der Windstärke allein tritt ebensowenig hervor; doch sei bemerkt, daß immer wenigstens etwas Wind herrschte.

Die auf die Pfeileroberflächen zentrierten Mittelwerte der für Schillig-Wangeroog beobachteten Höhenwinkel sind:

$$\varepsilon_{1.2} = -110''47 \qquad \varepsilon_{2.1} = -266''04.$$[2]

Dabei ist $\log s = 4.10652$. Das gibt als Hauptglied für $h_{1.2}$ den Wert 4.819 m.

---

[1] Vgl. hierzu die Abhandlung von J. Maurer, Beobachtungen über die irdische Strahlenbrechung bei typischen Formen der Luftdruckverteilung (Meteor. Zeitschr. 1905, S. 49 u. f.; s. auch weiterhin S. 262 u. f.).

[2] In der Abhandlung in den Sitzungsber. 1907 sind die auf S. 770 o. angegebenen Höhenwinkel irrig, indem die Zentrierungen mit verkehrten Zeichen angebracht sind. Indessen hat das dort weiter keine Bedeutung, da diese Zahlen nur auf der oberen Hälfte von S. 770 benutzt sind und die Schlüsse, die daraus gezogen wurden, unverändert bleiben. Die richtigen Zahlen sind:

1. Hälfte:	−115''61	+187''06	−271''35	−37''55
2. Hälfte:	−105.33	+192.89	−260.73	−29.66

302.67, 298.22 } 4.45   233.80, 231.07 } 2.73.

Durch Zuziehung der Turmbeobachtungen fand sich $\varkappa' = 0.00570$ (a. a. O. S. 776), gültig für 13 m Meereshöhe. Die mittlere Höhe der Beobachtungspunkte war 11.5 m, also wenig verschieden von jener. Mit dem angegebenen Werte von $\varkappa'$ folgt nun das Korrektionsglied zu $+0.059$ m, also wird der verbesserte Höhenunterschied gleich 4.878 m. Durch Zuziehung der Beobachtungen nach den Turmheliotropen[1] sowie durch Einführung eines plausiblen Wertes für $\varkappa''$ erhöht sich dies auf 4.899 m (a. a. O. S. 778—781).

3.

Von seiten der Trigonometrischen Abteilung der Kgl. Landesaufnahme wurden nach gefälliger Mitteilung im Jahre 1890 am 13. Juli von $1^h 30^m$ bis $2^h 30^m$ p zwischen Schillig und Wangeroog-Kirchturm gegenseitige Zenitdistanzmessungen ausgeführt.

Vom Kirchturm aus ergab sich dann die Höhe des astronomischen Pfeilers zu 13.0 m gegen 13.5 m aus den Beobachtungen von 1888. Nun war die Höhe der beiden Beobachtungspunkte 1890 abgerundet 8.5 und 31.8 m, $h_{1.2}$ also gleich 23.3 m. Ferner war $\log s = 4.1763$. Das Korrektionsglied der üblichen Formel für gegenseitige Messungen beträgt in diesem Falle nun in der Tat, dem Unterschied von 13.0 und 13.5 entsprechend, nahezu 0.5 m. Denn nach der Tabelle (13) ist für 2^h $\varkappa' = 0.0081$ und damit die Korrektion:

$$+23.3 \cdot \frac{s^2}{12\rho} \cdot 0.0081\,; \text{ d. i. } +0.56\,\text{m}.$$

Entsprechend der Streuung der Tabellenwerte (13) im Betrage von ± 0.0026 ist diese Korrektion mit einer mittleren Unsicherheit von ± 0.18 m behaftet. Sie ist auch wohl etwas zu groß, da 0.0081 zu 13 m Meereshöhe gehört und die mittlere Höhe der Beobachtungspunkte 20 m beträgt; nimmt man z. B. $\varkappa'' = -0.00025$ an, so wird für 20 m $\varkappa' = 0.0063$. Die Formel (11) gibt nun als Korrektion $+0.43$ m.

4.

Das Kgl. Geodätische Institut ließ im Jahre 1881 zwischen Kugelbake bei Cuxhaven und dem Leuchtturm auf Neuwerk gleichzeitige gegenseitige Zenitdistanzmessungen in der Zeit vom 22. Aug. bis zum 7. Sept. anstellen. Die Höhe der Beobachtungspunkte war 3.8 und 32.8 m; $\log s = 4.1087$.

---

[1] In den Sitzungsber. 1907 ist für den Turmheliotropen auf Wangeroog τ_2 S. 773 und 778 irrtümlich um 5 mm zu klein angegeben, was aber auf den endgültigen Höhenunterschied nur 1 mm Einfluß hat, der nicht in Betracht kommt.

Der Höhenunterschied war in diesem Falle durch ein geometrisches Nivellement von HUGO LENTZ gegeben[1]. Für die Pfeileroberflächen beträgt er danach 28.892 m. Dagegen ergaben die Zenitdistanzmessungen nach der gewöhnlichen Theorie folgende Werte, deren jeder aus durchschnittlich 45 aufeinanderfolgenden gegenseitigen Einstellungen abgeleitet ist:

		$h_{1.2}$	$\varkappa_m$	
Aug. 22	12^h8	28.803	0.120	Mittel:
» »	2.4	591	0.110	$h_{1.2} = 28.772$ m
Aug. 23	10.6	930	0.132	$\varkappa_m = 0.124$
» »	12.9	801	0.131	1^h1
» »	2.8	738	0.129	
Aug. 27	10.4	28.630	0.100	
» 28	10.7	268	0.063	Mittel:
» »	12.8	489	0.091	$h_{1.2} = 28.512$ m
» »	2.7	537	0.092	$\varkappa_m = 0.088$
» 29	10.4	529	0.075	11^h7
» »	12.5	654	0.107	
Sept. 1	10.5	477	0.090	
Sept. 6	1.1	28.603	0.267	Mittel:
» »	3.2	852	0.187	$h_{1.2} = 28.806$ m
Sept. 7	11.0	885	0.188	$\varkappa_m = 0.226$
» »	12.9	885	0.263	$1^h1.$

$\varkappa_m$ ist hierin in gewöhnlicher Weise aus den beiden Endzenitdistanzen berechnet; angenähert kann man sich $\varkappa_m$ auch auf die mittlere Höhe der beiden Endpunkte bezogen denken, oder als Mittelwert, genommen nach der Höhe (wie weiterhin).

Im Mittel der drei Gruppen folgt $h_{1.2} = 28.697$ m mit $\varkappa_m = 0.146$ um 12^h6. Für diesen Zeitpunkt gibt Tabelle (13) $\varkappa' = 0.0076$ bei der Höhe von 13 m. Zu 18 m wird ein etwas kleinerer Wert gehören, etwa 0.006 ± 0.003. Dies gibt die Verbesserung für h gleich $+0.37 \pm 0.19$ und somit $h_{1.2} = 29.07 \pm 0.19$ m. Dies stimmt gerade noch innerhalb der mittleren Fehlergrenzen mit dem nivellierten Ergebnis 28.89.[2]

Auffallend sind die großen Unterschiede zwischen den drei Gruppenergebnissen, sowohl in $h_{1.2}$ wie in $\varkappa_m$. Die meteorologischen Angaben zeigen dagegen keine größeren Unterschiede. Rechnet man rückwärts aus den Abweichungen des trigonometrischen h-Wertes gegen den geometrischen Wert das $\varkappa'$ aus, so folgt

$$\varkappa' = 0.0019 \qquad 0.0061 \qquad 0.0014;$$

---

[1] Vgl. »Zenitdistanzen« S. (19) u. f.

[2] Ein Wechsel der Instrumente und Beobachter fand nicht statt; das trigonometrische Ergebnis kann daher aus diesem Grunde recht wohl mehrere Zentimeter irrig sein.

bei den beiden äußeren Werten ist also ein größerer Unterschied mit dem nach (13) geschätzten Werte. Vielleicht hängt es damit zusammen, daß die Strömungsverhältnisse für das Wattenmeer bei Schillig–Wangeroog ganz anderer Art sind, als für die Nähe der Elbe bei Kuxhaven–Neuwerk.

Es zeigt dies Vorkommnis, daß man solche Tabellenwerte eben doch nur zu einer rohen Schätzung des Einflusses von $\varkappa'$ verwenden kann.

5.

Bei der trigonometrischen Höhenbestimmung Schillig–Wangeroog im Jahre 1888 wurde auch an 3 Tagen der Versuch gemacht, durch Beobachtungen an 6 gleichmäßig über 24 Stunden verteilten Terminen den Einfluß von $\varkappa'$ stark herabzudrücken, vielleicht gar zu eliminieren. Leider gestatteten die Verhältnisse es nicht, dabei $\varkappa'$ auch noch nach der früher angegebenen Methode durch Beobachtung von Lichtsignalen auf den Leuchttürmen während der Nacht zu bestimmen (vgl. den 2. Abschnitt), weshalb diese Bestimmung überhaupt unterblieb. Für den Höhenunterschied der Pfeileroberflächen, der nach »Sitzber. 1907, S. 781« 4.899 m betragen soll, fand sich nach der gewöhnlichen Theorie nebst dem mittleren Refraktionskoeffizienten $\varkappa_m$:

			$h_{1.2}$	$\varkappa_m$	
Aug.	20	$11^h.2$ a	4.841	0.098	Mittel:
»	»	2.8 p	4.838	0.104	$h_{1.2} = 4.929$
»	»	10.5 p	4.846	0.109	$\varkappa_m = 0.122$
»	21	2.7 a	5.192	0.176	
Aug.	24	6.9 a	4.925	0.132	
»	»	10.6 a	4.464	0.132	
»	»	2.6 p	4.680	0.355	$h_{1.2} = 4.919$
»	»	6.4 p	5.046	0.364	$\varkappa_m = 0.239$
»	»	10.9 p	5.398	0.280	
»	25	2.8 a	4.999	0.168	
Sept.	18	6.6 a	4.598	0.216	
»	»	10.6 a	4.207	0.120	
»	»	2.7 p	4.625	0.093	$h_{1.2} = 4.633$
»	»	5.8 p	4.811	0.195	$\varkappa_m = 0.184$.
»	»	10.5 p	4.394*	0.194	
»	19	2.7 a	5.163	0.287	

Am ersten Tage mußten 2 Termine ausfallen. Bei jedem Termin wurden im Durchschnitt 4 Messungen mit je 4 gegenseitigen Einstellungen erhalten, deren Ergebnisse aber so wenig voneinander abweichen, daß es genügte, hier nur die mittleren Werte anzusetzen.

Betrachtet man die Ergebnisse für $h_{1.2}$, so erscheint der Wert 4.394* am 18. Sept. 10.5 p zweifelhaft, da er den gleichmäßigen Gang

im Laufe des Tages stört. Allein der Verlauf der Zenitdistanzen (die hier nicht mitgeteilt sind) zeigt keine größeren Abweichungen, als sonst auch vorkommen, so daß es sich wohl nur um eine ungünstige Kombination lokaler Störungen handelt und nicht etwa um Versehen bei den Beobachtungen. Daß auch sonst ungewöhnliche Luftzustände vorgekommen sind, zeigen die Werte von $\varkappa_m$ am 24. August.[1]

Das einfache Mittel der 3 Gruppenmittel gibt $h_{1.2} = 4.827$ m mit $\varkappa_m = 0.182$. Vereinigt man zunächst die gleichen Terminwerte, so ergeben sich die 6 Mittelzahlen für $h_{1.2}$:

$$4.762 \quad 4.504 \quad 4.714 \quad 4.929 \quad 4.880 \quad 5.118,$$

deren Gesamtmittel 4.818 nahezu mit dem vorigen Mittelwert übereinstimmt. $\varkappa_m$ ist hier 0.193.

Keine Rücksicht ist hierbei darauf genommen, daß die 3. Gruppe beobachtet wurde, nachdem die Beobachter gewechselt hatten, zugleich mit ihren Instrumenten. Der Einfluß der Instrumentalfehler und persönlichen Fehler ist aber nur auf wenige Zentimeter zu schätzen (vgl. die frühere Abh.).

Der Unterschied des Gesamtergebnisses für $h_{1.2} = 4.827$ oder 4.818 gegen den früher abgeleiteten Wert 4.899 würde für einen kleinen positiven Wert von $\varkappa'$ sprechen im Betrage von 0.007. Indessen könnte man mit Rücksicht auf den Betrag von $\varkappa_m = 0.182$ bzw. 0.193 eher einen negativen Wert erwarten. Aber der Wert von $h_{1.2}$ aus den Tag- und Nachtbeobachtungen ist überhaupt wegen der Schwankungen im Luftzustande zu unsicher, um einen Schluß auf $\varkappa'$ zu gestatten, indem sein mittlerer Fehler auf mehr als ± 0.1 m zu schätzen ist.

6.

Wertvolles Material zur Erkenntnis der in den tiefsten Luftschichten über dem Meeresspiegel vorkommenden Werte $\varkappa$ und $\varkappa'$ liefern die Kimmtiefenbeobachtungen des österreichisch-ungarischen Korvettenkapitäns Karl Kosz (zum Teil gemeinsam mit Graf Thun-Hohenstein).[2]

---

[1] Nachtbeobachtungen zeigten sich auch bei den hier später besprochenen Beobachtungen zu Verudella ungünstiger als Tagbeobachtungen.

[2] Expedition S. M. Schiff »Pola« in das Rote Meer. X. Kimmtiefen-Beobachtungen (Bd. 69 der Denkschriften der math.-naturw. Kl. der k. Ak. d. W.). Wien 1899.

Kimmtiefen-Beobachtungen zu Verudella (Denkschriften Bd. 70), Wien 1901.

Nächtliche Kimmtiefen-Beobachtungen zu Verudella. Ausgeführt 1902/03 (Veröffentlichungen des Hydrographischen Amts der k. u. k. Reichskriegs-Marine in Pola, Abteilung Sternwarte). Pola 1904.

Vgl. auch die kurzen Berichte von K. Kosz in den »Mitteilungen a. d. Gebiete d. Seewesens« 1900 u. 1904.

Im Roten Meer wurden 1897/98 an 24 Tagen von Bord aus in 6.45 m Meereshöhe Kimmtiefen wiederholt im Laufe des Tages gemessen; dann folgten 1898/99 Beobachtungen von 3 Pfeilern aus, am Küstenfort Verudella bei Pola am Adriatischen Meer, mit 10.15 m, 15.86 m und 41.80 m Meereshöhe, an 48 über 1 Jahr verteilten Tagen (jeden Monat 4 Wochentage). Endlich wurde noch 1902/03 durch 1 Jahr in je 4 Nächten um die Zeit des Vollmonds an 1 bis 2 Stunden beobachtet, von 3 Pfeilern (mit 5.4 m, 10.2 m und 15.8 m Meereshöhe) aus, bei Verudella.

Unter Voraussetzung sphärischer Schichtung der Luft kann man die aus verschiedenen Höhen zu derselben Zeit gemessenen Kimmtiefen $-\varepsilon$ auf einen und denselben Lichtstrahl beziehen, weil die verschiedenen vom Meeresspiegel ausgehenden Strahlen alle kongruent sein müssen. Zwischen je 2 Punkten läßt sich dann aus den beiden ε und den beiden Meereshöhen H der mittlere Refraktionskoeffizient ableiten.

Nehmen wir im Anschluß an die Angaben in den »Sitzungsber. 1907« S. 771 die Strahlen so flach, daß $\cot z$ mit ε vertauscht werden darf, so ist

$$\frac{d^2h}{d\gamma^2} = \rho\frac{d\varepsilon}{d\gamma} = \rho(1-\varkappa). \tag{15}$$

Da aber $d\varepsilon/d\gamma = d\varepsilon/dh \cdot dh/d\gamma = \rho\varepsilon\, d\varepsilon/dh$ ist, so folgt

$$d(\varepsilon^2) = \frac{2}{\rho}(1-\varkappa)\,dh. \tag{16}$$

Für 2 Punkte 1 und 2 wird

$$\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2 = \frac{2}{\rho}\int_{H_1}^{H_2}(1-\varkappa)\,dh, \tag{17}$$

oder

$$\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2 = \frac{2}{\rho}\,(H_2 - H_1)\,(1-\varkappa_{1.2}), \tag{18}$$

wobei

$$\varkappa_{1.2} = \int_{H_1}^{H_2}\varkappa\,dh : (H_2 - H_1). \tag{18*}$$

$\varkappa_{1.2}$ hat die Bedeutung eines für die Höhenstrecke $H_2 - H_1$ gebildeten mittleren Refraktionskoeffizienten (ist also nicht identisch mit dem längs des Strahles gebildeten). Aus (18) ergibt sich

$$\varkappa_{1.2} = 1 - \frac{(\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2)\rho}{2(H_2 - H_1)}. \tag{19}$$

Fällt Punkt 1 mit der Kimm zusammen, so ist $-\varepsilon_2$ die im Punkte 2 beobachtete Kimmtiefe, und es folgt

$$\varepsilon_2 = -\sqrt{\frac{2H_2}{\rho}(1-\varkappa_{1.2})}\,. \qquad (20)$$

Das entspricht der Kimmtiefenformel für die Kreisform des Lichtstrahls, welche Formel also allgemein gilt, falls $\varkappa_{1.2}$ richtig nach (18*) definiert wird. ε ist hierbei als Arkus zu verstehen. Wir betrachten einige besondere Fälle.

7.

Am 18. April 1899 wurde erhalten in Verudella um 10^h a

von Punkt 1 aus in 10 m Höhe: $-\varepsilon_1 = +210'' : 206\,265''$
» » 2 » » 16 m » : $-\varepsilon_2 = +321 : 206\,265$
» » 3 » » 42 m » : $-\varepsilon_3 = +646 : 206\,265$.

Beginnt man mit $-\varepsilon_0 = 0$ für $H_0 = 0$, so ist nun für die 3 Abschnitte 0.1, 1.2, 2.3:

$\varkappa_{0.1} = 0.669$ $H =$ 0 bis 10 m
$\varkappa_{1.2} = 0.264$ 10 bis 16 m
$\varkappa_{2.3} = 0.094$ 16 bis 42 m.

Durch graphische Interpolation, wobei also die Flächenräume der drei Rechtecke über den Abszissenstrecken 10, 6 und 26 mit den Höhen 0.669, 0.264 und 0.094 zu beachten waren, fand sich:

$H =$ 0 m	$\varkappa = 1.00$	Hierbei waren angenähert Barometerstand und Lufttemperatur $b = 753$ mm $T = 289°$.
5	0.65	
10	0.36	
15	0.20	
20	0.13	
25	0.10	
30	0.08	
35	0.07	
40	0.06	

Die Temperaturänderung mit der Höhe, τ, ist hier gleich $+0^\circ\!.12$ für 1 m bei $H = 0$, sie sinkt rasch auf Null bei $H = 14$ m und sinkt dann weiter bis $-0^\circ\!.025$ bei $H = 40$ m.

Hätte sich bei der vorstehenden Berechnung für $H = 0$ $\varkappa > 1$ ergeben, so wäre die Berechnung, insoweit sie $\varkappa_{0.1}$ betrifft, unrichtig gewesen. Betrachtet man nämlich einen Lichtstrahl in der Umgebung der Stelle, wo er horizontal verläuft, so ist im Abstand s die Höhenänderung

$$\Delta H = \frac{s^2}{2\rho}(1-\varkappa) + \ldots, \qquad (21)$$

d. h. für $\varkappa < 1$ erfolgt vom Tangentialpunkt aus Hebung, für $\varkappa > 1$ dagegen Senkung. Ein von oben kommender Strahl kann daher nur an einer Stelle horizontal werden, wo $\varkappa$ noch ein wenig kleiner als 1 ist. Bei Anwendung der Formel (18) auf die Berechnung von $\varkappa_{0.1}$ ist es also nur solange erlaubt, $H_0 = 0$ zu setzen, als sich weiterhin bei der Interpolation der $\varkappa$ nicht für $H = 0$ $\varkappa > 1$ herausstellt.

Wäre dieser Fall oben eingetreten, so würde wegen Unkenntnis der zu $\varepsilon = 0$ gehörenden Höhe H die Berechnung von $\varkappa_{0.1}$ unmöglich oder doch sehr unsicher geworden sein.

An demselben Tage $2^h\,45^m$ p wurde erhalten bei

$H_1 = 10$ m: $-\varepsilon_1$ in Sek.	$= +156''$	gibt $\varkappa_{0.1} = 0.818$
$H_2 = 16$ m: $-\varepsilon_2$	$= +245$	» $\varkappa_{1.2} = 0.554$
$H_3 = 42$ m: $-\varepsilon_3$	$= +573$	» $\varkappa_{2.3} = 0.226$.

Auch hier kommt man bei der Interpolation gerade noch mit $\varkappa = 1$ für $H = 0$ aus:

$H =$	$\varkappa =$	
0 m	1.00	
5	0.82	
10	0.65	
15	0.50	Angenähert
20	0.37	$b = 753$ mm
25	0.27	$T = 289°$.
30	0.20	
35	0.13	
40	0.07	

Die Temperaturänderung τ ist also $+0.°12$ bei $H = 0$, sie sinkt auf 0° bei $H = 29$ m und beträgt $-0.°02$ bei $H = 40$ m.

Im Mittel beider Fälle ist $\varkappa'$ von $H = 0$ bis 10 m gleich -0.05, von 10 bis 20 m gleich -0.025, von 20 bis 30 m gleich -0.011 und von 30 bis 40 m gleich -0.008. Hier ist also $\varkappa'$ immer negativ. Aber die Luftverhältnisse waren am 18. April 1899 zu Verudella auch ungewöhnlich wegen Windstille.

8.

Ganz außergewöhnlich waren die Erscheinungen zu Verudella am 17. März 1899 nachmittags. Es fand sich um

$3^h\,0^m$ p bei	$H_1 = 10$ m: $-\varepsilon_1$ in Sek.	$= +213''$	gibt $\varkappa_{0.1} = 0.660$
	$H_2 = 16$ m: $-\varepsilon_2$	$= +240''$	» $\varkappa_{1.2} = 0.847$
$5^h\,25^m$ p bei	$H_1 = 10$ m: $-\varepsilon_1$	$= -203''$	» $\varkappa_{0.1} = 0.691$
	$H_2 = 16$ m: $-\varepsilon_2$	$= -62''$	» $\varkappa_{1.2} = 1.467$.

Hier ist also $\varkappa'$ zwischen $H = 5$ bis 13 m positiv, und zwar etwa gleich $+0.02$ um 3^h p und $+0.10$ um $5^h\,25^m$ p. b war etwa 753 mm,

$T = 289°$. Auch an diesem Nachmittage herrschte Windstille. Weshalb aber die Verhältnisse so ganz anders wie am 18. April lagen, ist nicht ersichtlich, zumal der Unterschied Δ = Lufttemperatur — Wassertemperatur ungefähr zu den betreffenden Zeiten derselbe war; am 17. März um 3^h p war $\Delta = +2.°4$, um $5^h 25^m$ p $\Delta = +3.°3$, am 18. April um 10^h a $\Delta = +3°$ etwa, um $2^h 45^m$ p $\Delta = +2°$ etwa.

Ungewöhnlich groß ergeben sich aus den $\varkappa$ die τ; es wird am 17. März um 3^h p zwischen $H = 0$ bis 10 m $\tau = +0.°07$, von 10 bis 16 m ist $\tau = +0.°10$ im Durchschnitt. Um $5^h 25^m$ p sind die entsprechenden Werte von τ gleich $+0.°08$ und $+0.°2$.

Zu der letzteren Zeit erschien, wie die positiven Werte der ε zeigen, die Kimm gehoben. Der Kimmstrahl hat also von der Kimm aus sich erst bis zu einer maximalen Höhe H_3 gehoben, dann aber wieder gesenkt. Aus Formel (19) folgt, daß von $H = 0$ ab bis H_3 im Mittel $\varkappa_{0.3} = 1$ sein muß, da $\varepsilon_0 = 0$ und $\varepsilon_3 = 0$ ist. Für H_3 muß nach (21) $\varkappa_3 > 1$ sein, damit ΔH vom Scheitel der Lichtkurve aus negativ ist.

Nun ist $\varkappa_{0.2}$, wie man aus $\varkappa_{0.1}$ und $\varkappa_{1.2}$ leicht findet, gleich $15.71 : 16 = 0.982$, was auch direkt aus $-\varepsilon_2$ folgt. Es wird aber $\varkappa_2$ ungefähr gleich $1.467 + 0.10 \cdot 3 = 1.77$ sein. Nimmt man demgemäß $\varkappa_{2.3}$ angenähert zu 1.8 an, so wird $H_3 = 16.4$ m, indem sehr nahe ist:

$$0.982 \cdot 16 + 1.8 \cdot 0.4 = 1 \cdot 16.4 .$$

9.

Für die Mehrzahl der Beobachtungen im Roten Meer sowie zu Verudella fand sich die Kimmtiefe verhältnismäßig gut darstellbar als lineare Funktion des Unterschieds

Δ = Lufttemperatur in etwa 1 m Höhe über Wasser — Wassertemperatur,

also

$$-\varepsilon = a\Delta + b, \qquad (22)$$

worin a und b Konstanten sind, die von der Höhe H des Beobachtungsortes abhängen. Indessen kann a nach Maßgabe der Beobachtungen als gleich groß für alle vier Standorte genommen werden, obwohl der eine weit ab von den drei andern lag; b ist proportional $\sqrt{H}$. Kohlschütter[1]

[1] Folgerungen aus den Koszschen Kimmtiefenbeobachtungen zu Verudella (Ann. d. Hydrographie usw. Dez. 1903, S. 533 u. f.).

leitet in seiner Diskussion der Tagesbeobachtungen die allgemeine Formel ab

$$-\varepsilon = 109''\!.3\sqrt{H} - 22''\!.2\,\Delta, \qquad (23)$$

die die vier Einzelformeln sehr gut darstellt, indem nach den Abweichungen derselben die m. F. beider Konstanten kaum $\pm 0''\!.3$ erreichen. Die Übereinstimmung der beobachteten Kimmtiefen mit den Formeln (22) und (23) ist allerdings an die Bedingung gebunden, daß die Luft durch Wind von mindestens der Stärke 2 gut durchmischt ist. Am 18. April und 17. März war dies nicht der Fall, daher bestehen hier große Abweichungen gegen Formel (23), welche (bei Δ gleich etwa $+3°$) am 18. April im Mittel fast $2'$, am 17. März vormittags ebensoviel, nachmittags aber $8'$ erreichen.

Unter günstigen Windverhältnissen beträgt die Streuung gegen Formel (23) immerhin noch $\pm 6''$ bei den drei kleineren Standhöhen, dagegen $\pm 12''$ bei dem höchsten Standort von rund 42 m Höhe. Die beobachteten Werte Δ liegen etwa zwischen $-5°$ und $+5°$; nur bei dem tiefsten Stand sind die Grenzen weit enger, nämlich $-2°\!.5$ und $+0°\!.7$. Auf diese Intervalle ist auch die Gültigkeit von (23) beschränkt.

Eine tägliche Periode zeigt sich in den ε bei den Beobachtungen im Roten Meer gar nicht, bei denen zu Verudella zeitweilig; sie kommt hier zur Geltung durch Andeutungen einer täglichen Periode der Δ, indem Δ vorwiegend vormittags ansteigend ist, was dem täglichen Gange der Lufttemperatur entspricht. Die Ursache der Veränderungen in Δ scheint allerdings auch zum Teil in Strömungen des Wassers zu suchen zu sein, da nach S. 371 der Abhandlung über die Beobachtungen zu Verudella Δ durch »Strom« oftmals im Laufe des Tages abnorm geändert wurde, so daß dann die Beobachtungsergebnisse der Formel gar nicht mehr entsprachen.

Kosz findet, daß Luftdruck, Feuchtigkeit und Bewölkung keine merkliche Einwirkung zeigen. Indessen sah sich KOHLSCHÜTTER doch veranlaßt, aus theoretischen Erwägungen die Koeffizienten der 4 Formeln (22) vor ihrer Zusammenfassung zu (23) wenigstens auf gleiche Temperatur der Luft zu reduzieren, indem die Mitteltemperaturen bis zu 8° voneinander abwichen. Die bekannte Formel für $\varkappa$ als Funktion der meteorologischen Elemente zeigt, daß unter sonst gleichen Umständen $\varkappa$ proportional T^{-2} ist. Das weiter anzuwendende Reduktionsverfahren folgt dann aus Formel (20) oder einer entsprechenden Formel (bei KOHLSCHÜTTER). 1° in T ändert a und b um etwa -0.7 Prozent.

Die Beobachtungen in rund 16 m Höhe, welche einen Schluß auf den Einfluß von T direkt gestatten, bestätigen im wesentlichen diese Reduktionsgröße.

Die Konstanten in (23) gelten für 15°.

Setzt man nun nach (23) bei einer bestimmten absoluten Lufttemperatur T, die also etwa in 1 m Höhe über Wasser stattfindet:

$$-\varepsilon = m\sqrt{H} - n\Delta, \qquad (23^*)$$

so hat man, wegen $\rho\varepsilon d\varepsilon / dH = 1 - \varkappa$ aus (16), sofort

$$\varkappa = 1 - \tfrac{1}{2}\rho m\left(m - \frac{n\Delta}{\sqrt{H}}\right), \qquad (24)$$

wobei m und n als Arkus zu nehmen sind.

Hiernach wird

$$\varkappa' = -\frac{\rho m n\Delta}{4\sqrt{H}^3}. \qquad (25)$$

Mit den Zahlenwerten von m und n geben diese Formeln:

$$\varkappa = 0.104 + \frac{0.182\,\Delta}{\sqrt{H}}; \quad \varkappa' = -\frac{0.091\,\Delta}{\sqrt{H}^3}. \qquad (25^*)$$

Der Umstand, daß nach (23) für $H = 0$ nicht allgemein $\varepsilon = 0$ wird, zeigt von vornherein, daß jene Formel und also auch die daraus abgeleiteten nicht bis $H = 0$ Geltung haben. Es kann ja $\varepsilon = 0$ auch für einen kleinen positiven Wert von H stattfinden; aber dies ist in (23) nur für positive Δ der Fall. Immerhin wird man, da die tiefste Beobachtungsstation 6.45 m Höhe hatte, H in (25*) bis zu etwa 5 m abwärts nehmen können:

$$H \geqq 5 \text{ m für } (25^*). \qquad (26)$$

Um zu erkennen, inwieweit man den Verlauf von $\varkappa$ in der Nähe des Meeresspiegels aus den Beobachtungen auf den 4 Stationen unter normalen Luftzuständen erfahren kann, habe ich sowohl für $\Delta = +5°$ wie $-5°$ nach der in Abschnitt 7 und 8 angewandten Methode mittels Formel (19) die Mittelwerte $\varkappa_{0.1}, \varkappa_{1.2} \ldots \varkappa_{3.4}$ berechnet und dabei für $H = 0$ $\varepsilon = 0$ genommen, $\varepsilon_1 \ldots \varepsilon_4$ aber nach (23) angesetzt, welche Werte als ausgeglichene Beobachtungswerte anzusehen sind.

Die graphische Interpolation ergab nun, daß bei $\Delta = +5°$ bis zu $H = 5$ m herab die Formelwerte (25*) zur Darstellung kommen und daß sodann ungezwungen mit einer gewissen Sicherheit an $\varkappa = 1$ bei $H = 0$ angeschlossen werden konnte:

		graphisch	(25*)	
$\Delta = +5°$	$H = 0$ m	$\varkappa = 1$	∞	Angenähert
	2.5	0.7	0.68	$b = 760$ mm
	5	0.52		$T = 288°$.
	10	0.39		
	20	0.31		
	40	0.25		

Bei $\Delta = -5°$ wird die graphische Interpolation unterhalb $H = 5$ m sehr unsicher. Es findet sich:

		graphisch	(25*)
$\Delta = -5°$	$H = 0$ m	$\varkappa < -1$	$-\infty$
	2,5	$\varkappa = -0.8$	-0.47
	5	-0.4	-0.31
	10	-0.18	
	20	-0.10	
	40	-0.04	

Angenähert
$b = 760$ mm
$T = 288°$.

Diese Werte von Δ sind Extreme. Zu Verudella ist der mittlere Betrag der 38 Tageswerte[1] Δ, die in den Gleichungen zur Bestimmung der Konstanten m und n auftreten, bis auf 0°05 gleich Null; es besteht aber eine Streuung von $\pm 2°$, positive Δ und negative Δ sind dort so gut wie gleich häufig. Im Roten Meere ist das Mittel von 21 benutzten Tageswerten gleich −0°5, die Streuung hat annähernd den Betrag ±0°5.

Zusammenfassend kann man sagen, daß zu Verudella aus den Tagesbeobachtungen folgt:

$$\begin{aligned} \varkappa &= 0.104 \text{ mit einer Streuung } \pm \frac{0.36}{\sqrt{H}}, \\ \varkappa' &= 0 \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \pm \frac{0.18}{\sqrt{H}^3}; \end{aligned} \qquad (27)$$

im Roten Meer:

$$\begin{aligned} \varkappa &= 0.104 - \frac{0.09}{\sqrt{H}} \text{ mit der Streuung } \pm \frac{0.09}{\sqrt{H}}, \\ \varkappa' &= + \frac{0.05}{\sqrt{H}^3} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \pm \frac{0.05}{\sqrt{H}^3}. \end{aligned} \qquad (27^*)$$

Diese Werte sind an die Grenzen H von 5 bis 42 m gebunden, bei Windstärke ≥ 2. Außerdem ist zu beachten, daß die frühen Morgenstunden und späten Abendstunden der Tageszeit kaum berücksichtigt sind.

Da die Formeln (22) aus Mittelwerten für die betreffenden Tage abgeleitet wurden, so entsteht noch die Frage, inwieweit sie im Laufe des Tages den Veränderungen in Δ entsprechen. Hierüber geben die graphischen Darstellungen aber befriedigende Auskunft, indem danach die Kurven der Δ und der $-\varepsilon$ gut parallel laufen, wobei zu bemerken ist, daß 1° in Δ und 2″ in $-\varepsilon$ gleichen Ordinatenstrecken zukommen.

---

[1] Ein Tageswert ist hier als Mittelwert aus mehreren Stunden, in denen ε beobachtet wurde, zu verstehen. Er entspricht im ganzen etwa acht Tagesstunden, die sich hauptsächlich um den Mittag gruppieren.

Als wichtiges Ergebnis tritt nach (27) hervor, daß am Adriatischen Meer zu Verudella am Tage $\varkappa'$ ebenso oft positiv wie negativ ist mit einer Streuung von ± 0.007 für $H = 9$ m, ± 0.003 für $H = 16$ m usw. Im Roten Meer dagegen ist (wie an der Nordseeküste) $\varkappa'$ durchschnittlich positiv, aber ziemlich klein und mit geringer Streuung, bei $H = 9$ m nur $+0.002 \pm 0.002$.

Um mit den Beobachtungen für die Linie Schillig–Wangeroog zu vergleichen, habe ich für die 8 Beobachtungstage zu Verudella, welche auf dieselben Monate, nämlich August und September, fallen, Δ untersucht. Im Mittel zeigt sich diese Größe im Laufe des Tages wesentlich konstant gleich $-0.^{\circ}6$. Hierzu gehört bei $H = 9$ m $\varkappa = 0.068$ und bei $H = 13$ m $\varkappa' = +0.0012$. Während $\varkappa$ zu den Tabellenwerten (14) leidlich paßt, stimmt $\varkappa'$ mit Tabelle (13) nur dem Vorzeichen nach überein.

Neuere Beobachtungen von Dr. Harry Meyer[1], die bei mehreren Reisen vom Schiff aus in verschiedenen Meeren erhalten wurden, bestätigen im ganzen die Formel (23) für Standhöhen von 6 bis 9 m. Der Koeffizient von Δ in (23) ist dabei, absolut genommen, um etwa 2 Einheiten kleiner, dagegen derjenige von $\sqrt{H}$ um $3''$ größer. Die Streuung ist aber bei diesen Beobachtungen sehr groß, etwa $\pm 14''$, was seinen Grund in dem Auftreten konstanter Tagesfehler, auf die der Verfasser hinweist, haben dürfte.[2]

10.

Die nächtlichen Kimmtiefenbeobachtungen zu Verudella gaben weniger übereinstimmende Ergebnisse als die Tagesbeobachtungen. Es konnte zwar noch eine Formel von der Gestalt (22) zur näherungsweisen Interpolation dienen, aber mit mehr als 5-facher Streuung. Dazu kam der störende Einfluß der Irradiation. Ich gehe daher auf die Beobachtungen nicht weiter ein; die Formel (23) dürfte auch für die Nachtbeobachtungen der Kimm einige Annäherung gewähren.

Der Unterschied $\Delta =$ Lufttemperatur — Wassertemperatur zeigte sich zur Zeit der Nachtbeobachtungen in den Monaten November bis

---

[1] Ann. d. Hydrographie usw. 1906, S. 438 u. f.

[2] Zu erwähnen ist noch eine kurze Mitteilung von William Hall in den Monthly Notices of the R. S. 1906, S. 372. Er findet den Faktor von Δ für 1° F gleich nahezu 12", das gibt für 1° C angenähert übereinstimmend mit (23) den Betrag 22". Ganz abweichend ist aber nach Hall die Größe b in (22) beschaffen, indem sie gleichzeitig mit Δ das Vorzeichen wechseln soll. Indessen fehlen für b die näheren Angaben der Beobachtungsergebnisse. Jedenfalls widersprechen dem die Beobachtungen zu Verudella ganz entschieden.

Januar stark negativ von —6° bis —11°, in den übrigen Monaten mehr bei Null zwischen —5° und +3°. Bei den Beobachtungen in den Abendstunden fand sich Δ etwa 3° größer als in den Morgenstunden, was ohne weiteres erklärlich ist.

Hiernach wird zu Verudella $\varkappa'$ des Nachts in den Wintermonaten jedenfalls positiv, im Sommer und Herbst positiv oder negativ mit einer Streuung, die etwa $\Delta = \pm 2°$ entspricht, also so groß ist wie am Tage, entsprechend (27).

11.

Gelegentlich der nächtlichen Kimmtiefenbeobachtungen wurden auch die Höhenwinkel nach den Leuchtfeuern von Promontore und von Pericolosa gemessen:

Promontore	$H = 35$ m	$s = 9\,700$ m
Pericolosa	7	12 400 .

Diese Messungen konnten mit großer Schärfe erfolgen, indem der Fehler[1] nur $\pm 2''$ betrug.

Im folgenden sind diejenigen Messungsergebnisse, welche bei wenigstens Windstärke 2 erhalten wurden, gruppenweise zusammengestellt, insoweit korrespondierende Beobachtungen auf allen 3 Standorten mit $H = 5.4$, 10.2 und 15.8 m vorliegen. Es sind gegeben die Unterschiede $\delta\varepsilon = \varepsilon_{\text{beob.}} - \varepsilon_{\varkappa=0}$. (Die Nachrechnung der in der Abhandlung aufgeführten $\varepsilon_{\varkappa=0}$ ergab die Höhen der Signale zu 35.4 und 7.6 m.)

Die $\varepsilon_{\varkappa=0}$ sind für	5.4 m	10.2 m	15.8 m
bei Promontore	+480″	+378″	+260″
» Pericolosa	—165	—245	—338 .

Unterschiede $\varepsilon_{\text{beob.}} - \varepsilon_{\varkappa=0} = \delta\varepsilon$.

Nacht	Δ	Promontore 35.4 m			Pericolosa 7.6 m			
		5.4 m	10.2 m	15.8 m	5.4 m	10.2 m	15.8 m	
11	—11°.3	— 13″	+27″	+ 13″	—	—	—	
10	—10.5	— 43	+ 2	+ 6	—	—	—	
9	— 8.9	— 10	—25	+ 25	—	—	—	
Mittel	—10.2	— 22	+ 1	+ 15	—	—	—	I
19	— 2.9	+ 2	— 3	— 11	+ 3″	+ 10″	+ 20″	
43	— 1.7	+ 42	+31	+ 75	+ 27	+ 36	+ 89	
Mittel	— 2.3	+ 22	+14	+ 32	+ 15	+ 23	+ 55	II

[1] Vermutlich ist, wie in anderen Fällen, in der Abhandlung der durchschnittliche Fehler gemeint.

Nacht	Δ	Promontore 35.4 m			Pericolosa 7.6 m			
		5.4 m	10.2 m	15.8 m	5.4 m	10.2 m	15.8 m	
37	— 0°4	+ 14″	+16″	+ 53″	+ 32″	+ 38″	+ 71″	
38	— 0.3	— 10	+ 4	+ 10	+ 27	+ 32	+ 38	
42	0	+ 19	+ 5	+ 12	+ 57	+ 33	+ 49	
48	0	— 6	+19	— 40	+ 18	+ 47	+ 10	
28	+ 0.2	+ 13	—31	+ 4	+ 44	+ 4	+ 34	
25	+ 0.7	+ 20	+10	— 12	+ 88	+ 86	+ 70	
23	+ 0.9	+ 9	+27	+ 52	+ 98	+ 31	+ 79	
Mittel	+ 0.16	+ 8	+ 7	+ 11	+ 52	+ 39	+ 50	III
45	+ 1.3	+ 9	+11	+ 7	+ 37	+ 56	+ 33	
46b	+ 1.4	+ 22	—12	+ 24	+ 29	+ 54	+ 51	
47	+ 1.7	+ 3	+38	+ 6	+ 41	+ 45	+ 31	
44	+ 1.8	+105	+90	+116	+129	+148	+164	
46a	+ 2.8	+ 17	—32	+ 15	+ 54	+ 58	+ 33	
Mittel	+ 1.80	+ 31	+19	+ 34	+ 58	+ 72	+ 62	IV

Diese Zusammenfassung zeigt, daß des Nachts die Luftschichtung eine sehr unregelmäßige gewesen sein muß, wie es schon die Kimmbeobachtungen erweisen: die $\delta\varepsilon$ sind innerhalb der einzelnen Gruppen für denselben Stand und dasselbe Objekt auffallend schwankend. Auch die Gruppenmittel zeigen noch starke Unregelmäßigkeiten und entsprechen im allgemeinen gar nicht den Werten von $\varkappa$, die nach Formel (25*) aus den Δ folgen.

Wendet man Formel (3) außer auf den Fall der wirklichen Beobachtung auf den Fall $\varkappa = 0$, an, so folgt mit den zulässigen Vereinfachungen der Refraktionswinkel im Stande S_i nach dem Objekt P_r gleich

$$\delta_{i.r} = \frac{\rho'' s_{i.r}}{2\rho} k_{i.r}. \tag{28}$$

$k_{i.r}$ ist hierbei ein gewisser mittlerer Refraktionskoeffizient längs des Lichtstrahls, bei nur steigenden oder fallenden Strahlen angenähert $(2\varkappa_i + \varkappa_r)/3$. Dies trifft für Promontore zu, sowie für den Strahl S_3-Pericolosa. Bei den beiden anderen Strahlen nach Pericolosa kommt zwischen Stand und Objekt eine stärkere Annäherung an den Meeresspiegel vor. Es wird nach (28) in Zahlen:

$$\left.\begin{aligned} &\text{für Promontore } k_{i.4} = \delta : 157 \\ &\text{» Pericolosa } k_{i.5} = \delta : 200, \end{aligned}\right\} \tag{29}$$

wobei der 2. Index 4 bezw. 5 die Objekte anzeigt.

Die Tabelle ergibt nun:

$k_{1.4}$	$k_{2.4}$	$k_{3.4}$	$k_{1.5}$	$k_{2.5}$	$k_{3.5}$	
—0.14	+0.01	+0.10	.	.	.	I
+0.14	+0.09	+0.20	+0.08	+0.12	+0.28	II
+0.05	+0.05	+0.07	+0.26	+0.20	+0.25	III
+0.20	+0.12	+0.22	+0.29	+0.36	+0.31	IV

Dagegen ist nach (25*):

$\varkappa_1$	$\varkappa_2$	$\varkappa_3$	$\varkappa_4$	$\varkappa_5$	
−0.69	−0.48	−0.36	−0.21	.	I
−0.08	−0.03	−0.00	+0.03	−0.05	II
+0.12	+0.11	+0.11	+0.11	+0.12	III
+0.24	+0.21	+0.19	+0.16	+0.22	IV

Bei den Reihen I und II ist zwischen den Werten k und den korrespondierenden $\varkappa$ gar keine Ähnlichkeit; eine solche zeigt sich einigermaßen bei III und noch besser bei IV. Aber bei III ist der starke Unterschied der k für Promontore mit denen für Pericolosa auffällig, obwohl wegen des kleinen Wertes von Δ hier sich $\varkappa$ fast konstant berechnet. Inwieweit dabei die örtlichen Verhältnisse wirksam sind, kann ich leider nicht beurteilen.

Das Ergebnis ist somit, daß sich aus den beobachteten Unterschieden Δ = Lufttemperatur — Wassertemperatur ein auch nur einigermaßen sicherer Schluß auf $\varkappa$ und auf $\varkappa'$ bei Nachtbeobachtungen nicht ziehen läßt. Daß es bei Tagesbeobachtungen besser sei, ist kaum zu hoffen. Denn wenn auch die Tagesbeobachtungen der Kimm zu Verudella im allgemeinen sich besser als die Nachtbeobachtungen einer einfachen Formel anschmiegten, so gab es doch auch viele Ausnahmen, wo sehr starke Abweichungen auftraten.

Es ist daher auch nicht zu erwarten, daß man durch neue Beobachtungen an Strahlen in der Nähe des Meeresspiegels — selbst mit Vermeidung eigentlicher Kimmstrahlen — weiterkommen wird. Man muß sich mit der Erkenntnis begnügen, daß in der Nähe des Meeresspiegels bei nicht ganz kleinen Höhenunterschieden gleichzeitige gegenseitige Zenitdistanzmessungen nach Maßgabe von Formel (9) mehr oder weniger von dem Differentialquotienten $\varkappa'$ des Refraktionskoeffizienten nach der Höhe beeinflußt werden, wobei über die möglichen Werte von $\varkappa'$ aus dem Vorstehenden einiges Material entnommen werden kann.

Jahresbericht über die Herausgabe der Monumenta Germaniae historica.

Von Reinhold Koser.

Die vierunddreißigste ordentliche Plenarversammlung der Zentraldirektion der *Monumenta Germaniae historica* vereinigte in den Tagen vom 9. bis 11. April 1908 mit Ausnahme des durch eine Badekur verhinderten Hrn. Geh. Justizrats Brunner die sämtlichen Herren Mitglieder: Prof. Bresslau aus Straßburg, Geh. Regierungsrat Prof. Holder-Egger und Wirkl. Geh. Oberregierungsrat Koser von hier, Staatsarchivar Archivrat Krusch aus Osnabrück, Hofrat Prof. Luschin Ritter von Ebengreuth aus Graz, Prof. von Ottenthal und Prof. Redlich aus Wien, Geheimrat Prof. von Riezler aus München, Geheimrat Prof. Schäfer und Geh. Hofrat Prof. von Simson von hier, Geh. Hofrat Prof. Steinmeyer aus Erlangen, Prof. Tangl von hier, Prof. Werminghoff aus Königsberg i. Pr. und Prof. Zeumer von hier.

An neuen Veröffentlichungen liegen vor:

In der Abteilung *Scriptores*:

Scriptorum Tomi XXXII pars altera (enthaltend die Schlußhälfte, Appendices und die Register zu der Chronik des Minoriten Salimbene de Adam, herausgegeben von O. Holder-Egger).

In der Sammlung der *Scriptores rerum Germanicarum*:

Annales Marbacenses qui dicuntur (Chronica Hohenburgensis cum continuatione et additamentis Neoburgensibus). Accedunt Annales Alsatici breviores. Recognovit Hermannus Bloch.

Vom *Neuen Archiv der Gesellschaft für ältere deutsche Geschichtskunde* unter der Redaktion von O. Holder-Egger:

Bd. XXXII Heft 3 und Bd. XXXIII Heft 1 und 2.

Im Druck befinden sich vier Quart- und zwei Oktavbände.

In der Serie der *Scriptores rerum Merovingiacarum* hat Hr. Staatsarchivar Archivrat Krusch in Osnabrück in Verbindung mit Hrn. Privatdozenten Dr. Levison in Bonn den Druck des fünften Bandes vom 10. bis zum 31. Bogen gefördert. Für die Vorbereitung des weiteren Manuskriptes, in welchem u. a. die historisch sehr ausgiebigen Pas-

sionen des Bischofs *Leudegar von Autun* durch Hrn. Krusch fertiggestellt sind, wurden Handschriften aus Berlin, Boulogne, Colmar, Dijon, St. Gallen, Paris und Wien herangezogen; Auskunft über eine Handschrift in Avita wird dem Kanonikus Hrn. Sylvain Nesan daselbst gedankt. Die Aufstellungen des Hrn. P. Vielhaber über das von ihm aufgefundene alte Salzburger Legendar und die älteste *Passio Afrae* sind von Hrn. Krusch im Neuen Archiv XXXIII nachgeprüft worden.

Die wissenschaftliche Ausbeute einer im Herbst 1907 unternommenen Reise des Hrn. Dr. Levison nach Italien ist den *Scriptores rerum Merovingicarum* durch einige wertvolle Kollationen, in erster Linie aber dem *Liber pontificalis* zugute gekommen. Auch bei diesem Anlaß hat der Hr. Präfekt der Biblioteca Apostolica Vaticana, P. Franz Ehrle, die Interessen der Monumenta Germaniae durch das unserm Mitarbeiter bewiesene Entgegenkommen in wirksamster Weise unterstützt. Neben ihm gilt der Dank des Hrn. Dr. Levison für die Begünstigung seiner Forschungen in Rom dem Monsignore Mercati von der Vaticana, den HH. Prof. G. Buonanno von der Angelica, J. Giorgi von der Casanatense, A. Pelizzari von der Vallicellana, sowie außerhalb Roms den HH. Direktor della Torre vom Museo Archeologico in Cividale, Commendatore Biagi von der Laurentiana in Florenz, Monsignore O. Parenti und Canonico Guidi in Lucca, Prof. F. Carta in Modena, Legranzi, Vater und Sohn, in Sandaniele, Don Spagnolo in Verona. Die Arbeiten in Rom wurden auch durch die überaus große Gefälligkeit des Bollandisten Hrn. Albert Poncelet wesentlich gefördert, der das Register zu seinem in Vorbereitung befindlichen Katalog der lateinischen hagiographischen Handschriften der Vaticana sowie die noch nicht veröffentlichten Teile des Katalogs der gleichen Handschriften der andern römischen Bibliotheken Hrn. Dr. Levison vor Beginn der italienischen Reise zur Einsichtnahme nach Bonn schickte. Ebendort wurde die Vergleichung weiterer Handschriften aus Frankreich, darunter einer aus St.-Omer, bewirkt; die außergewöhnlichen Erleichterungen, die dabei die Bibliothèque Nationale in Paris dank dem Entgegenkommen des Hrn. H. Omont eintreten ließ, verdient hier besondere Erwähnung. Einzelne Nachweisungen verdankt Hr. Levison noch den HH. H. Lebèque in Paris, F. Schneider in Rom, Oberbibliothekar F. van der Haeghen in Gent und (in Bezug auf eine Handschrift in Auxerre) Hrn. cand. phil. J. Fasbinder in Brühl.

Dem in der Hauptserie der Abteilung *Scriptores* in diesem Augenblick zur Ausgabe gelangenden zweiten Halbbande des Tomus XXXII (mit dem Schluß der Chronik des Minoriten *Salimbene de Adam*, fünf Appendices und den Registern) wird der Abteilungsleiter Hr. Geheimrat Holder-Egger die Vorrede und den Titel später nachfolgen lassen.

Nach völligem Abschluß des Bandes soll zunächst der Druck der noch ausstehenden zweiten Hälfte des XXX. Bandes beginnen. Inzwischen hat der ständige Mitarbeiter dieser Abteilung Hr. Dr. Schmeidler im Neuen Archiv XXXIII, 1 die im vorigen Bericht in Aussicht gestellte Vorstudie für seine Ausgabe des *Tholomeus von Lucca* veröffentlicht; eine zweite Studie wird demnächst folgen.

Aus den vorangegangenen Jahresberichten erhellen die Gründe, welche die Leitung der Abteilung *Scriptores* fortgesetzt veranlassen, auf die Herstellung von Schulausgaben für die Serie der *Scriptores rerum Germanicarum* ihr besonderes Augenmerk zu richten. Im Anschluß an seine nunmehr erschienene Bearbeitung der *Annales Marbacenses*, mit einem Anhang kleinerer Elsässischer Annalen, hat Hr. Prof. Bloch in Rostock einen umfangreichen Bericht über seine einschlägigen Untersuchungen als erstes Heft der *Regesten der Bischöfe von Straßburg* veröffentlicht. Eine neue Ausgabe der *Annales Xantenses* (790 bis 870) und *Annales Vedastini* (von St. Vaast zu Arras, 874—900) hat unser Mitglied Hr. von Simson übernommen, für letztere zum Ersatze für die Ausgabe von C. Dehaines (Les annales de Saint-Bertin et de Saint-Vaast, Paris 1871), die alsbald nach ihrem Erscheinen durch G. Monod und G. Waitz als verfehlt erkannt worden war. Für den *Helmold* hat Hr. Dr. Schmeidler die Vorrede und zum größten Teil auch den Text im Manuskript eingeliefert. Auch die Bearbeitung der *Chronik Ottos von Freising* ist von Hrn. Dr. Hofmeister im wesentlichen abgeschlossen worden; die Untersuchung der Randglossen aus dem 13. Jahrhundert in der Jenaer Handschrift hat auffallende Berührungen mit den Annalen *Romualds von Salerno* ergeben, die zu erklären noch eine eingehende Untersuchung erfordern wird. Über eine aus Niederaltaich stammende, 1870 in Straßburg verbrannte Handschrift der Chronik haben sich wichtige Angaben in einem Exemplar der Editio princeps gefunden, das sich heute als Eigentum des historischen Vereins für Mittelfranken auf der Regierungsbibliothek zu Ansbach befindet und von deren Vorsteher, Hrn. Prof. Preyer, freundlichst hierhergesandt wurde. Durch Auskunftserteilung verpflichteten den Bearbeiter der Direktor des British Museum in London, Sir Edward Maunde Thompson, die HH. Stiftsarchivare von Rein und von Admont, P. Anton Weis und P. Friedrich Fiedler, sowie Hr. Dr. G. Leidinger in München. Die Arbeiten für die Ausgabe der *Chronik des Cosmas von Prag* erlitten eine Unterbrechung durch die dienstlichen Aufgaben, die an den Landesarchivar Hrn. Dr. Bretholz in Brünn mit der Überführung des mährischen Landesarchives an eine neue Stätte und mit der Abfassung einer Geschichte des Archivs herantraten. Im Zusammenhang seiner Nachforschungen für die *Annales Austriae* wurde Hr. Prof. Dr. Uhlirz

in Graz auf eine der Geschichtsquellen von Kremsmünster geführt; ihre Unterstützung liehen ihm, zumal auch durch Zusendung von Handschriften, die Direktion der k. und k. Hofbibliothek in Wien, die hochwürdigsten HH. Äbte Leander Czerny von Kremsmünster und Stephan Rössler von Zwettl, und die HH. Patres Benedikt Hammerl, Beda Lehner und Bernhard Pösinger. Der Druck des *Liber certarum historiarum Johanns von Victring* in der Ausgabe des Hrn. Dr. Fedor Schneider ist infolge unvorhergesehener Hemmnisse nur bis zum achten Bogen vorgeschritten. Von der durch den Abteilungsleiter besorgten Ausgabe der *Cronica Alberti de Bezanis* sind noch der Schlußbogen des Textes, Vorwort und Register abzusetzen.

In der Serie der *Deutschen Chroniken* hat die für das Berichtsjahr in Aussicht genommene Drucklegung der Manuskripte des Hrn. Prof. Seemüller in Wien (Vorrede und Register zu der Österreichischen Chronik von den 95 Herrschaften) und des Hrn. Dr. Gebhardt in Erlangen (Gedicht von der Kreuzfahrt des Thüringer Landgrafen Ludwig III.) noch ausgesetzt bleiben müssen. Hr. Dr. Hermann Michel in Berlin hat für die Sammlung der *Historischen Lieder* in deutscher Sprache aus der Zeit bis 1500 das durch seinen von dieser Aufgabe zurückgetretenen Vorgänger, Hrn. Privatdozenten Dr. Heinrich Meyer in Göttingen, gesammelte weitschichtige Material durchgearbeitet, das aus den für das Archiv der Deutschen Kommission der Berliner Akademie seit einigen Jahren gesammelten Handschriftenbeschreibungen wertvolle Bereicherungen erhält. Die Bearbeitung der historischen Gedichte *Suchenwirts* wird auf der Grundlage der von dem verstorbenen Dr. Kratochwil hinterlassenen Kollektaneen, deren Ankauf durch die Zentraldirektion in dem Berichte von 1906 erwähnt wurde, Hr. Dr. Johannes Lochner übernehmen, wie Hr. Dr. Michel uns durch beider Lehrer, Hrn. Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Roethe, empfohlen.

Innerhalb der Abteilung *Leges* hat Hr. Geheimrat Brunner die Neubearbeitung der *Lex Anglorum et Werinorum* mit Hrn. Dr. Freiherrn von Schwerin, Privatdozenten an der Universität München, verabredet. Im Neuen Archiv läßt zur Zeit Hr. Prof. von Schwind in Wien eine weitere »Kritische Studie über die *Lex Baiuwariorum*« drucken. Hr. Prof. Dr. Seckel hat die Untersuchung der Quellen von Buch 2 und 3 des *Benedictus Levita* dem Abschluß entgegengeführt und wird darüber im Neuen Archiv berichten; im Verfolg seiner im Herbst v. J. in Rom für den Benediktus angestellten Handschriftenforschungen hat er von mehreren hundert Blättern der beiden wichtigsten römischen Codices, des Vaticanus 4982 und des Palatinus 583 photographische Reproduktionen herstellen lassen. Die Ankündigung einer Untersuchung von Busselin über die tironischen Noten in den Merowingerdiplomen

hat dem Bearbeiter der fränkischen *Placita*, Hrn. Prof. Dr. Tangl, Veranlassung gegeben, die Drucklegung seiner Ausgabe noch zurückzustellen. Nachdem die inzwischen in der Bibliothèque de l'école des chartes erschienene Arbeit jetzt in ihren Ergebnissen von Hrn. Tangl geprüft worden ist, kann der Druck der Placita beginnen. Die dem Bearbeiter durch Hrn. Privatdozenten Dr. Rauch geleistete Unterstützung erstreckte sich vornehmlich auf eine gesonderte Behandlung der bayrischen Gruppen; durch Hinweise auf ganz entlegene Drucke förderte die Arbeit Hr. Prof. Dr. Wilhelm Sickel in Straßburg.

Unter Leitung des Hrn. Prof. Zeumer wurden in derselben Abteilung die Arbeiten für die *Lex Salica*, die *Concilia* und die *Constitutiones* fortgesetzt, für die *Tractatus de iure imperii saec. XIII et XIV selecti* begonnen. Hr. Dr. Krammer hat die Untersuchung des gegenseitigen Verhältnisses der einzelnen Handschriften der *Lex Salica* innerhalb der Handschriftengruppen durchgeführt und die Konstituierung des Textes der von ihm mit A bezeichneten Klasse (sonst III, in der statt der bisher immer zugrunde gelegten Handschrift von Montpellier H 136 die Pariser lat. 4627 sich als die beste erwiesen hat) soweit gefördert, daß mit dem Druck im laufenden Jahre begonnen werden kann. Die bereits weit vorgeschrittene Drucklegung des zweiten Bandes der fränkischen *Concilia* hat infolge der Übersiedelung des Hrn. Prof. Dr. Werminghoff nach Königsberg eine Verzögerung erlitten, da der Herausgeber den Index verborum noch nicht abschließen konnte. Hr. Dr. Schwalm hat auf zwei Forschungsreisen das Material für die *Constitutiones* in süd- und westdeutschen sowie in zahlreichen italienischen Archiven ergänzt. Der Druck des zweiten Halbbandes von Tomus IV ist trotz der Unterbrechung durch diese Reisen schnell bis zum Bogen 161 vorgerückt; unter den bisher ungedruckten Stücken dieses Halbbandes verdient besonders hervorgehoben zu werden die von Hrn. Prof. Dr. Redlich vor einigen Jahren aufgefundene Abrechnung des Burggrafen von Rheinfelden über die Verwaltung der Burg in den Jahren 1304 bis 1306, die Hr. Dr. Franz Wilhelm bearbeitet hat. Die Drucklegung der Akten Friedrichs des Schönen und Ludwigs des Bayern wird nach dem Stande der Arbeiten des Hrn. Dr. Schwalm dem Abschluß des vierten Bandes unmittelbar folgen können. Für diese Regierungen werden die Bände V, VI und VII der Sammlung offen gelassen, während der voraussichtlich noch im laufenden Jahre in Druck zu gebende, von dem Leiter der Abteilung bearbeitete Bd. VIII mit etwa drei weiteren Bänden für die Zeit Karls IV. bestimmt ist. Als eine Vorarbeit für seine Ausgabe der Akten dieses Herrschers hat Hr. Zeumer sein Buch »Die goldene Bulle Kaiser Karls IV.« (Quellen und Studien zur Verfassungsgeschichte des Deutschen Reichs in Mittelalter

und Neuzeit, Bd. II) veröffentlicht. Sein Mitarbeiter Hr. Dr. Salomon besuchte im März d. J. die Staatsarchive zu Darmstadt (für die Konzeptensammlung des Rudolf Losse), Coblenz, Düsseldorf und (zumal behufs Durchsicht der großen Kindlingerschen Abschriftensammlung) Münster, sowie in Trier das Stadtarchiv und die Stadtbibliothek, auf der das sogenannte Balduineum Kesselstadense ausgebeutet wurde. Weiter haben Hr. Dr. Salomon und bis Ende Dezember 1907, d. h. bis zum Ablauf seines ihm von der Staatsarchivverwaltung erteilten Urlaubs, auch Hr. Dr. Lüdicke zahlreiche von auswärtigen Archiven an das hiesige Geheime Staatsarchiv leihweise übersandte Stücke, darunter die beiden nichtillustrierten Codices Balduinei des Coblenzer Staatsarchivs und Urkunden aus dem Dortmunder Stadtarchiv, hier am Orte bearbeitet. Im Zusammenhange dieser Arbeiten entstanden die beiden im Band XXXIII des Neuen Archivs veröffentlichten wertvollen Untersuchungen: R. Lüdicke, Die Sammelprivilegien Karls IV. für die Erzbischöfe von Trier; R. Salomon, Rechnungs- und Reisetagebuch vom Hofe Erzbischof Boemunds II. von Trier 1354—1357. Seine für die Vervollständigung des Materials für die Constitutiones so erfolgreichen Nachforschungen in Rom hat Hr. Dr. Kern im Berichtsjahre eine Zeit lang noch fortgesetzt; andere Ergänzungen übermittelte er uns demnächst aus dem Towerarchiv zu London und aus Oxford.

Aus der Zahl der politischen Traktate des 13. und 14. Jahrhunderts wird als erster demnächst die *Determinatio compendiosa de iurisdictione imperii* in den *Fontes juris germanici* erscheinen, die nach der Annahme ihres Bearbeiters, des Hrn. Dr. Krammer, nicht nach 1298 entstanden sein dürfte. Die Ausgabe des *Marsilius von Padua* hat Hr. Prof. Dr. Otto in Hadamar übernommen, nachdem er durch das Königlich Preußische Unterrichtsministerium auf die Bitte der Zentraldirektion zeitweilig von einem Teil seiner Schultätigkeit entlastet worden ist. Zur Bearbeitung der durch den vorjährigen Beschluß in das Programm der *Fontes juris germanici* aufgenommenen Sammlung der *Hof- und Dienstrechte* des 11. bis 13. Jahrhunderts ist auf Empfehlung des Hrn. Prof. Dr. Dopsch in Wien, der selber diese Edition nicht auf sich nehmen konnte, Hr. Dr. Ferdinand Bilger in Heidelberg gewonnen worden.

Als Vorarbeit für die Ausgabe der Urkunden Ludwigs des Frommen und seiner Nachfolger veröffentlichte der Leiter der Abteilung *Diplomata Karolinorum*, Hr. Prof. Tangl, im ersten Heft des »Archivs für Urkundenforschung« die im Vorjahre angekündigte zusammenfassende Behandlung der tironischen Noten in den Karolingerurkunden. Auch die dort sich anschließende Untersuchung von Hrn. Prof. Bresslau über die Bedeutung des »ambasciare« bezeichnet in ihren Ergebnissen

eine wesentliche Förderung der der Urkundenkritik für diese Periode gestellten Aufgaben. Die vergleichende Kritik der Urkunden Ludwigs des Frommen führte, von der Immunität für Halberstadt ausgehend, zu einer zusammenfassenden Bearbeitung der älteren Königsurkunden für die sächsischen Bistümer. Es ergab sich, daß die Halberstädter Fälschungen in den sechziger Jahren des 10. Jahrhunderts entstanden sind, und zwar in Anlehnung an die Gründungsurkunden für Brandenburg und Havelberg. Für die Bearbeitung der Osnabrücker Gruppe gestattete der Hochwürdigste Herr Bischof Dr. Hubert Voss mit größter Zuvorkommenheit die Einsichtnahme in die Diplome des bischöflichen Archivs. Gemeinsam mit seinem Mitarbeiter Hrn. Archivassistenten Dr. Müller unterzog Hr. Prof. Tangl die Urkunden Ludwigs einer systematischen Schrift- und Diktatvergleichung, unter besonderer Heranziehung der Formulae imperiales, dieser für Kaiserurkunden einzigen Formelsammlung der Karolingerzeit. Von der jetzt hinter ihm liegenden Editionsarbeit für den Nithard, bei der er in unserer einzigen Nithardhandschrift zu St. Médard bei Soissons jene Interpolation festgestellt hatte, gelangte Hr. Dr. Müller zu einer Prüfung der gesamten Literatur dieses Klosters bis ins 13. Jahrhundert hinein; bei Vergleichung mit den älteren Urkunden des Klosters vermochte er ein Ineinandergreifen von Urkunden- und Legendenfälschungen nachzuweisen und damit ein für die Diplome des 9. Jahrhunderts unmittelbar in Betracht kommendes kritisches Ergebnis zu gewinnen.

Der Druck der Urkunden Konrads II. ist im vierten Bande der *Diplomata regum et imperatorum Germaniae* dank der Mühewaltung des Hrn. Prof. Bresslau in Straßburg und seiner Mitarbeiter, der HH. Dr. Hessel und Dr. Wibel, mit dem 52. Bogen vollendet. Noch abzusetzen sind eine Anzahl von Nachträgen zu den im dritten Bande veröffentlichten Diplomen Heinrichs II., die Exkurse und die im Zettelapparat fertiggestellten Register. Für einen Exkurs über die vielbesprochene Frage der Reinhardsbrunner Fälschungen, in der Hr. Dr. Wibel doch noch bestimmtere Ergebnisse als bisher vorlagen zu erzielen hofft, hat die Herzogliche Archivverwaltung in Gotha durch Übersendung einer sehr großen Anzahl von Urkunden des 12. Jahrhunderts die Arbeit erheblich erleichtert. Neben ihrer Betätigung für die Fertigstellung des vierten Bandes hat die Straßburger Abteilung die Vorbereitung des fünften Bandes so weit gefördert, daß der Druck in absehbarer Zeit beginnen kann; die Erledigung der bis zuletzt ausgesetzten Goslarer Urkunden ermöglichte sich durch deren von dem Magistrat zu Goslar nunmehr genehmigte Übersendung nach Straßburg.

Der Leiter der Wiener Abteilung der *Diplomata*, Hr. Prof. Dr. von Ottenthal, widmete seine Arbeit unter Beihilfe des Hrn. Dr.

Samanek vornehmlich denjenigen norddeutschen Urkundengruppen der staufischen Periode, deren Originale mit Lothar III. einsetzen; nur eine verhältnismäßig kleine Nachlese sollte für die Urkunden, die von der Versendung nach Wien ausgeschlossen blieben, an den einzelnen Aufbewahrungsstätten noch bewirkt werden. Hr. Dr. Hirsch hat im Anschluß an die Durcharbeitung der süddeutschen Empfängergruppen zwei größere Abhandlungen (»Studien über die Privilegien süddeutscher Klöster des 11. und 12. Jahrhunderts« und »Die Urkundenfälschungen des Klosters Prüfening«) in den Mitteilungen des Instituts für Österreichische Geschichtsforschung veröffentlicht und sich sodann den literarischen und photographischen Sammelarbeiten und sonstigen Vorbereitungen für die im März d. J. von ihm angetretene Forschungsreise nach Italien zugewandt; hier werden die Archive und Bibliotheken von mehr als 30 Städten für die Erledigung von 45 verschiedenen Urkundengruppen zu besuchen sein. Durch diese Vorarbeiten hat der bibliographische Apparat, um dessen weitere Ausgestaltung auch Hr. Dr. Samanek unausgesetzt bemüht gewesen ist, eine ansehnliche Vermehrung erfahren. Für die Zusendung von Originalen erstattet Hr. Prof. von Ottenthal seinen Dank dem Königlich Preußischen Staatsarchiv zu Magdeburg, dem Königlich Sächsischen Hauptstaatsarchiv zu Dresden, der Universitätsbibliothek zu Göttingen und den Magistraten der Städte Duisburg und Quedlinburg; mit freundlichen Einzelbeiträgen unterstützten ihn die HH. Prof. Dr. Bresslau und Dr. Salomon.

Die Abteilung *Epistolae* konnte den für das vergangene Jahr angekündigten Druck der Briefe des Papstes Nikolaus I. noch nicht beginnen lassen, weil sich dem Bearbeiter, Hrn. Dr. Perels, die Notwendigkeit ergab, für gewisse Abschnitte neue Kollationen aus Rom und Paris zu beschaffen. Versuche des Hrn. Abteilungsleiters Prof. Werminghoff, für die Bearbeitung kleinerer Briefgruppen geeignete Kräfte zu gewinnen, führten wenigstens in einem Falle zu einem Ergebnis, indem Hr. Gymnasialdirektor Dr. W. Henze in Berlin für die Briefe Kaiser Ludwigs II. sich zur Verfügung gestellt hat.

In der Abteilung *Antiquitates* hat Hr. Prof. Dr. Strecker hierselbst die von ihm übernommenen Arbeiten für die Fortsetzung der Serie *Poetae Latini* begonnen. Da unter den nachgelassenen Papieren P. von Winterfelds und L. Traubes Aufzeichnungen, die dem Fortsetzer als Anhaltspunkte dienen könnten, nicht vorhanden waren, so bestand die Aufgabe zunächst darin, einen Überblick über den dem nächsten Halbband der karolingischen Dichtungen zuzuweisenden Stoff aufzustellen. Daran schloß sich die Bearbeitung zweier Handschriften mit Rhythmen, einer Brüsseler und einer Leidener. Für die Ausgabe

der *Sequenzen* hat Hr. Bibliothekar Dr. Werner in Zürich nach Rückkehr von seiner ertragreichen Pariser Reise die Herstellung der Texte, soweit es seine angestrengte Tätigkeit gestattete, fortgesetzt. Hr. Prof. Dr. Ehwald in Gotha hat das Manuskript seiner Ausgabe des Aldhelm von Sherborne zum großen Teil druckreif hergestellt, gedenkt aber mit dem Druck erst nach Abschluß der ganzen Arbeit zu beginnen. Die Edition der *Nekrologien* des östlichen Teils der alten Diözese Passau, d. h. der Wiener Erzdiözese und der Diözese St. Pölten, hat an Stelle des Erzbischöflichen Bibliothekars Hrn. Dr. Fastlinger, der von diesem Teil der Aufgabe aus Gesundheitsrücksichten zurücktreten mußte, Hr. Pfarrer Dr. Adalbert Fuchs O. S. B. zu Brunnkirchen in Niederösterreich mit vollem Einsatz seiner Arbeitskraft in Angriff genommen. Bereits ist ein erheblicher Teil des Materials nicht nur zusammengebracht, sondern auch textkritisch durchgearbeitet worden. Inzwischen hat Hr. Dr. Fastlinger für den bayerischen Teil der Passauer Diözese, für den er dankenswerterweise die begonnene Arbeit zu Ende zu führen sich bereit erklärt hat, das Engelszeller Nekrologium, ein bis in das 12. Jahrhundert zurückreichendes Garstener Totenbuch und das schon von Erben bearbeitete kalendarische Nekrologium von Matsee erledigt und in den Stiftern St. Florian und Kremsmünster einen reichen Schatz an nekrologischen Fragmenten gehoben; den Beginn des Druckes kündet er für das Ende dieses Jahres an. Wesentlich beschleunigt wurde der Fortgang seiner Arbeit durch die bereitwillige und verständnisvolle Unterstützung, die Hr. Dr. Fastlinger bei den HH. Diözesenarchivar Prof. Dr. Konrad Schiffmann in Linz, Bibliothekar Dr. Justinus Wöhrer im Stift Wilhering und Stiftsbibliothekaren Prof. Dr. Franz Asenstorfer in St. Florian und P. Beda Lehner in Kremsmünster gefunden hat.

Wie den vorstehend bereits genannten wissenschaftlichen Anstalten und einzelnen Gelehrten weiß sich die Zentraldirektion für die Förderung ihrer Aufgaben auch im abgelaufenen Geschäftsjahre dem Königlich Preußischen Historischen Institut zu Rom und den Herren Beamten der Handschriftenabteilung und des Zeitschriftenzimmers der Berliner Königlichen Bibliothek zu lebhaftem Dank verpflichtet.

Unser Mitglied Hr. Werminghoff hat, indem er zu Beginn des letzten Wintersemesters als ordentlicher Professor einem Rufe nach Königsberg folgte, die ständige Mitarbeiterschaft an den Monumenta Germaniae aufgeben müssen, wird aber die Leitung der in der Abteilung *Epistolae* zur Zeit im Gange befindlichen Arbeiten bis auf weiteres beibehalten. Anläßlich dieser Veränderung hat mit dem neuen Etatsjahr das Reichsamt des Innern für die Förderung unserer Aufgaben die Mittel zur Remunerierung zweier ständiger Assistenten

bereitgestellt. In die beiden neuen Stellungen treten ein der älteste unserer hiesigen Hilfsarbeiter, Hr. Dr. Mario Krammer, dem wie bisher die für die Abteilung *Leges* übernommenen Arbeiten obliegen, und der Privatdozent an der Berliner Universität Hr. Dr. Erich Caspar, der seine Tätigkeit für die Monumenta, und zwar für die Abteilung *Epistolae*, im Herbst d. J. beginnen wird. Dank der Fürsorge des Hrn. Staatssekretärs des Innern ist ferner die jährliche Dotation der Monumenta Germaniae durch das Reichshaushaltsgesetz von 1908 um den Betrag von 5000 Mark erhöht worden.

Adresse an Hrn. Adolf von Baeyer zum fünfzigjährigen Doktorjubiläum am 4. Mai 1908.

Hochverehrter Herr Kollege!

Zum heutigen Ehrentage bringt die Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften Ihnen aufrichtigen und warmen Glückwunsch dar. Fast ein Menschenalter hat die Akademie die Ehre, Sie zu ihren Mitgliedern zu zählen, und sie freut sich auch daran erinnern zu dürfen, daß schon Ihr Herr Vater, obschon einem andern Beruf angehörig, ihr Ehrenmitglied gewesen ist.

Als Sie vor 50 Jahren mit einer genial ausgeführten Untersuchung über die Arsenmethylverbindungen die Doktorwürde erwarben, war Ihnen die Experimentalchemie eine längst vertraute Freundin, denn ähnlich Ihrem großen Vorgänger Justus Liebig haben Sie schon dem kindlichen Spiele die Beschäftigung mit chemischen Versuchen vorgezogen, und gerade 60 Jahre sind verflossen, seit Sie als 12 jähriger Knabe allen Hindernissen zum Trotz der glückliche Entdecker einer unbekannten Kupferverbindung wurden.

In diesem langen Zeitraum hat die Chemie auf allen Gebieten große Fortschritte gemacht. In Ihre Jugendzeit aber fällt vor allem die wunderbare Entfaltung der organischen Chemie, die mit dem Übergange zur Strukturlehre eine feste theoretische Grundlage fand und seitdem in den Erfolgen der Synthese so große Triumphe feierte. An dieser Entwicklung haben Sie als anerkannter Meister allenthalben so regen Anteil genommen, daß auf dem weiten Gebiete der Kohlenstoffverbindungen kaum ein Winkel von dem befruchtenden Einfluß Ihrer Arbeiten unberührt geblieben ist.

In gewissem Gegensatze zu Ihrem kongenialen Lehrer Kekule haben Sie dabei die Prüfung und Ausbildung theoretischer Konzeptionen nicht als das einzige oder wichtigste Ziel des Experimentes betrachtet, sondern auch die voraussetzungslose naive Erforschung der Vorgänge als gleichberechtigte Form des Naturerkennens gepflegt und

in liebevoller Anschmiegung an die Materie ihre Geheimnisse zu entschleiern gesucht. Der glücklichen Verbindung von scharfer Beobachtungsgabe, schöpferischer Phantasie und kritischem Geiste sind die zahlreichen Entdeckungen entsprungen, die wir Ihnen verdanken und die überall, im Großen wie im Kleinen, die Originalität des Autors bekunden.

Ihrem stets auf die Wirklichkeit gerichteten Blicke sind auch die engen Beziehungen Ihrer Wissenschaft zu den Aufgaben des praktischen Lebens nicht entgangen. Infolgedessen war Ihre Forschertätigkeit vielfach verknüpft mit dem gewaltigen Aufschwunge, den die chemische Industrie, besonders in unserm Vaterlande, während der letzten 40 Jahre genommen hat. Noch höher aber ist der Einfluß einzuschätzen, den Sie nach dieser Richtung hin als akademischer Lehrer während 47 Jahren ausübten. In der richtigen Erkenntnis, daß die heutige Wissenschaft, zumal in ihrer technischen Anwendung, der Massenarbeit nicht entbehren kann, haben Sie das moderne Unterrichtslaboratorium organisiert und in München eine Schule der Chemie geschaffen, die an Ruhm mit dem alten Liebigschen Laboratorium zu Gießen in Wettbewerb treten kann.

Mit aufrichtiger Freude sehen wir Sie in diesem großen Wirkungskreise noch mit ungeschwächter Kraft am Ausbau der Wissenschaft beteiligt und mit der Heranbildung jüngerer Forscher beschäftigt.

Daß ein gütiges Geschick Ihnen die alte Schaffenslust noch lange erhalten möge, ist der innige Wunsch der zahlreichen gelehrten Körperschaften, die Ihnen in dankbarer Anerkennung verbunden sind.

Die Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften.

Über den Verlauf der galvanischen Polarisation durch Kondensatorentladung; Anwendung auf die Nervenreizung.

Von Dr. Arnold Eucken.

(Vorgelegt von Hrn. Nernst am 30. April [s. oben S. 443].)

Der zeitliche Verlauf der galvanischen Polarisation ist bisher für einen konstanten Stromstoß[1] und für Wechselstrom[2] berechnet worden. Das Verhalten der Polarisation, die entsteht, wenn man einen Kondensator durch eine elektrolytische Zelle mit sogenannten unpolarisierbaren Elektroden entlädt, ist noch nicht näher untersucht worden; auf eine Anregung des Hrn. Nernst hin soll daher der Versuch gemacht werden, diese Lücke auszufüllen und zugleich einen etwas allgemeineren Ausdruck für die Polarisation bei einem beliebigen Stromstoß zu gewinnen. Da die Polarisation einer sogenannten unpolarisierbaren Elektrode durch die Konzentrationsänderungen in ihrer unmittelbaren Nähe bedingt ist, sollen diese zum Gegenstand der folgenden Untersuchung gemacht werden.

Die Rechnung ist als Fortsetzung der kürzlich der Akademie vorgelegten Ausführungen des Hrn. Nernst[3] zu betrachten; sie begründet sich daher auf die Differentialgleichung:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = k\frac{\partial^2 m}{\partial x^2} \tag{1}$$

mit den Nebenbedingungen:

für $t = 0$ und beliebige x gilt $m = 0$
» $x = \infty$ » » t » $m = 0$
» $x = 0$ » » t » $m = \frac{\partial c}{\partial x} = -\frac{v}{k}J = -\frac{v}{k}f(t)$.

[1] U. a. Nernst und Riesenfeld, Ann. d. Physik (4) 8, 600; Milner, Phil. Mag., May 1906.

[2] Warburg, Wiedem. Ann. 67, 495.

[3] Sitzungsber. 1908, S. 3; die Bedeutung der Bezeichnungen ist dieselbe wie dort.

Da es nur auf die Konzentrationsänderungen in unmittelbarer Nähe der Elektrode ankommt, ist es wegen der Einfachheit der Rechnung von Wert, die Variable x möglichst schon zu Beginn auszuschalten. Dieses gelingt durch Benutzung des Integrals[1]:

$$m = -\frac{x \cdot \nu}{k\,2\sqrt{k\pi}} \int_0^t f(\lambda)\, e^{-\frac{x^2}{4k(t-\lambda)}} (t-\lambda)^{-\frac{3}{2}}\, d\lambda\,, \qquad (2)$$

das Gleichung (1) und den Nebenbedingungen genügt. Durch Differentiation dieses Ausdrucks erhält man:

$$\frac{\partial m}{\partial x} = -\frac{\nu}{2k\sqrt{k\pi}} \int_0^t f(\lambda)\, e^{-\frac{x^2}{4k(t-\lambda)}} \left(1 - \frac{2x^2}{4k(t-\lambda)}\right) (t-\lambda)^{-\frac{3}{2}}\, d\lambda\,. \qquad (2\,\text{a})$$

Der Grenzwert dieses Integrals für verschwindendes x ist aufzusuchen. Eine andere Form des Integrals (2) lautet (man erhält sie aus (2) durch Substitution von $\frac{x}{2\sqrt{k(t-\lambda)}} = \gamma$):

$$m = -\frac{2\nu}{k\sqrt{\pi}} \int_{\frac{x}{2\sqrt{kt}}}^{\infty} f\left(\left(t - \frac{x^2}{4k\gamma^2}\right)\right) e^{-\gamma^2} d\gamma\,.$$

Dieser Ausdruck gilt auch für den Wert $x = 0$ (RIEMANN-HATTENDORF, a. a. O. S. 154); er wird in diesem Falle $= -\frac{\nu}{k} f(t)$, d. h. er zeigt, daß das Integral der dritten Anfangsbedingung genügt. Offenbar steht nichts im Wege, für die obere Grenze ($\lambda = t$) auch bei verschwindendem x allgemein die Größe $\gamma = \frac{x}{2\sqrt{k(t-\lambda)}} = \infty$ anzunehmen; es wird also $\sqrt{t-\lambda}$ höherer Ordnung unendlich klein im Vergleich zu x. Beachtet man dieses, so läßt sich unter der Voraussetzung, daß sich $f(\lambda)$ nach steigenden Potenzen von λ, oder besser $t-\lambda$ entwickeln läßt, unschwer zeigen, daß (2 a) für die obere Grenze stets verschwindet. Das allgemeine Glied des zunächst nach Potenzen von $t-\lambda$, sodann von t entwickelten Ausdrucks wird nämlich die Gestalt annehmen:

$$t^m \int_0^t (t-\lambda)^{n-\frac{3}{2}} e^{-\frac{x^2}{4k(t-\lambda)}} \left(1 - \frac{2x^2}{4k(t-\lambda)}\right) d\lambda\,;$$

durch partielle Integration wird hieraus:

---

[1] RIEMANN-HATTENDORF, Partielle Differentialgleichungen, Braunschweig 1882, S. 133.

$$2t^m\left\{\left[(t-\lambda)^{n-\frac{1}{2}}e^{-\frac{x^2}{4k(t-\lambda)}}\right]_0^t-(n-1)\int_0^t(t-\lambda)^{n-\frac{3}{2}}e^{-\frac{x^2}{4k(t-\lambda)}}d\lambda\right\}$$

oder:

$$2t^m\left\{\left[(t-\lambda)^{n-\frac{1}{2}}e^{-\frac{x^2}{4k(t-\lambda)}}\right]_0^t-\frac{(n-1)\,2x^{2n-1}}{(4k)^{\frac{2n-1}{2}}}\int_{\frac{x}{2\sqrt{kt}}}^{\infty}e^{-\gamma^2}\gamma^{-2n}d\gamma\right\}$$

Da vorausgesetzt wurde, n sei nicht kleiner als o, verschwindet der letzte Ausdruck stets für die obere Grenze, somit auch das ganze Integral (2a). Der Wert der oberen Grenze ist daher nicht weiter zu berücksichtigen; zum Zeichen dafür soll sein Symbol im Folgenden in Klammern gesetzt werden.

Für die untere Grenze ($\lambda = 0$) ist selbstverständlich für verschwindendes x: $\frac{x}{2\sqrt{k(t-\lambda)}} = 0$; somit gilt:

$$\frac{\partial m}{\partial x} = \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = -\frac{v}{2k\sqrt{k\pi}}\int_0^{[t]}f(\lambda)\,(t-\lambda)^{-\frac{3}{2}}\,d\lambda\,^{1}. \tag{3}$$

Da nun für $t = 0$ $c = c_0$ wird (für jedes beliebige x), so gilt.

$$c = c_0 + \int_0^t \frac{\partial c}{\partial t}\,dt$$

oder mit Hilfe von (1)

$$c = c_0 + k\int_0^t \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}\,dt\,.$$

Setzt man den Wert von (3) in diese Gleichung ein, so folgt:

$$c - c_0 = -\frac{v}{2\sqrt{k\pi}}\int_0^t\int_0^{[t]}f(\lambda)\,(t-\lambda)^{-\frac{3}{2}}\,d\lambda\,. \tag{4}$$

Trifft man über die Art der Funktion $J = f(t)$ eine nähere Bestimmung, so läßt sich diese Gleichung noch etwas anders darstellen. Es sei: $J = J_0 f(bt)$, wo J_0 einen bestimmten, eventuell den Maximalwert der Stromstärke und b einen mit t verbundenen Parameter darstellt, so daß t nur in der Form bt vorkommt. Ein Beispiel bietet:

---

[1] Diese Gleichung und sämtliche folgenden gelten für $x = 0$, was der Einfachheit halber nicht besonders bezeichnet werden möge.

$J = J_0 \sin nt$, $J = e^{-\frac{t}{wc}}$. Betrachtet man nun statt t: bt als Variable (statt λ: $b\lambda$), setzt also $b\lambda = \lambda'$, so erhält man:

$$c_0 - c = \frac{\nu J_0}{2\sqrt{\pi k b}} \int_0^{bt} b\,dt \int_0^{[bt]} f(\lambda')\,(bt - \lambda')^{-\frac{3}{2}}\,d\lambda', \qquad (5)$$

indem man das erste Integral gleichfalls als eine Funktion von bt darstellt.

Da die Größe bt die Dimension einer reinen Zahl hat, so hat auch das Doppelintegral dieselbe Bedeutung. Der Ausdruck $\frac{J_0}{\sqrt{b}}$ läßt sich nun mit der bei der Stromkurve verbrauchten Energie (E) in Beziehung bringen:

$$E = \int_0^t VJdt.$$

Nun ist die Spannung (V) in der Regel proportional J; bei Wechselströmen mit Phasenverschiebung ist die Beziehung etwas weniger einfach, was aber am Endresultat nichts ändert. Der Proportionalitätsfaktor ist gleich dem Widerstande (Impedanz), also:

$$E = W \int_0^t J^2 dt = W J_0^2 \int_0^t [f(bt)]^2 dt.$$

Führt man wiederum bt als Variable ein, so folgt:

$$E = \frac{J_0^2 W}{b} \int_0^{bt} [f(\alpha)]^2 d\alpha.$$

Bedeutet E die Gesamtenergie des Stromstoßes, so ist für die obere Grenze der der Beendigung des Stromstoßes entsprechende Wert von bt (Sinuswelle: π) einzusetzen, so daß man den Ausdruck:

$$\frac{J_0}{\sqrt{b}} = \sqrt{\frac{E}{W}} \cdot \text{Const.}$$

erhält. Führt man diese Beziehung in (5) ein, so ergibt sich:

$$c_0 - c = \frac{\nu \sqrt{E} \cdot \text{Const.}}{2\sqrt{k \pi W}} \int_0^{bt} b\,dt \int_0^{[bt]} f(\lambda')\,(bt - \lambda')^{-\frac{3}{2}} d\lambda \qquad (6)$$

Sieht man k und W als unveränderlich an, so ist $c_0 - c$ in seinem Verlauf allein von bt abhängig. Dasselbe gilt von der Stromkurve $J_0 f(bt)$. Somit entspricht einem bestimmten Punkte der Stromkurve

eine bestimmte Konzentrationsänderung (z. B. die maximale). Für eine derartige Konzentrationsänderung vereinfacht sich (6) wegen der Konstanz von bt zu:

$$[c_0 - c]_{bt \text{ const.}} = A\sqrt{\frac{E}{k \cdot W}}, \tag{7}$$

wobei A einen Proportionalitätsfaktor darstellt. Faßt man daher einen bestimmten Punkt der Stromkurve ins Auge, so ist die an dieser Stelle bewirkte Konzentrationsänderung allein von der Energie des Stromstoßes, dem Diffusionskoeffizienten und dem Widerstande abhängig (abgesehen von einem Proportionalitätsfaktor). Es verdient aber hervorgehoben zu werden, daß diese Beziehung nur für ein und dasselbe $J = f(t)$ gilt, da eine Änderung von $f(t)$ eine Änderung des Proportionalitätsfaktors A zur Folge hat.

Läßt sich die Stromkurve nicht durch $J_0 f(bt)$ darstellen, sondern hängt von zwei oder mehr voneinander unabhängigen, mit t verbundenen Parametern ab (Kondensatorentladung durch Selbstinduktion), so läßt sich die Konzentrationsänderung mit der Energie des Stromstoßes nicht in eine einfache Beziehung bringen, und man ist genötigt, auf (4) oder, wenn eine Trennung gelingt, so daß $J = J_0[f(bt) + f(b't)]$, auf (5) zurückzugreifen.

Zieht man zur experimentellen Prüfung nur eine Stromkurve von der Form $J_0 f(bt)$ heran, so wird (7) ausreichen, da es auf den Proportionalitätsfaktor nicht ankommt. Wünscht man jedoch die Wirkung zweier verschiedener Stromkurven zu vergleichen, so ist dieser Faktor zu ermitteln, d. h. das Doppelintegral in (5) auszuwerten.

Für eine selbstinduktionsfreie Kondensatorentladung:

$$J = J_0 e^{-\frac{t}{WC}} = \frac{V}{W} e^{-\frac{t}{WC}}$$

(V: Spannung, W: Widerstand, C: Kapazität, t: Zeit) ist die Rechnung im folgenden durchgeführt. Bezeichnet man den Exponenten $\frac{t}{WC} = bt$ mit α, so nimmt das Doppelintegral der Gleichung (5) die Form an:

$$\int_0^{\alpha} d\alpha \int_0^{[\alpha]} e^{-\lambda'} (\alpha - \lambda')^{-\frac{3}{2}} d\lambda = \phi(\alpha).$$

Das Maximum wird erreicht, wenn

$$\phi'(\alpha) = \int_0^{[\alpha]} e^{-\lambda'} (\alpha - \lambda')^{-\frac{3}{2}} d\lambda$$

verschwindet. Führt man als Integrationsvariable

$$y = -i\sqrt{\alpha-\lambda}\left(i = \sqrt{-1}\right); \quad dy = \frac{i d\lambda}{\sqrt{\alpha-\lambda}}$$

ein, so erhält man für $\phi'(\alpha)$:

$$\phi'(\alpha) = -ie^{\alpha}\int\limits_{-i\sqrt{\alpha}}^{[0]} e^{-y^2} y^{-2} d\lambda = ie^{\alpha}\int\limits_{[0]}^{-i\sqrt{\alpha}} e^{-y^2} y^{-2} dy;$$

durch partielle Integration geht dieser Ausdruck über in:

$$e^{\alpha}\left(-\frac{e^{\alpha}}{\sqrt{\alpha}} + 2i\int\limits_{[0]}^{i\sqrt{\alpha}} e^{-y^2} dy\right). \tag{8}$$

Stellt man das Integral durch die bekannte Reihenentwicklung:

$$\int\limits_{0}^{x} e^{-y^2} dy = \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{(-1)^{\nu} x^{2\nu+1}}{\nu!(2\nu+1)}$$

dar, entwickelt e^{α} gleichfalls und zieht den Ausdruck zusammen, so ergibt sich:

$$\phi'(\alpha) = e^{\alpha}\sqrt{\alpha}\left(\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{\alpha^{\nu}}{\nu!(2\nu-1)} - 1\right) \tag{8a}$$

oder:

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{(-1)^{\nu}(2\alpha)^{\frac{2\nu-1}{2}}}{(2\nu-1)!}. \tag{8b}$$

Durch Integration von (8) oder bequemer von (8b) gelangt man zu:

$$\phi(\alpha) = \sqrt{2} \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{(-1)^{\nu}(2\alpha)^{\frac{2\nu+1}{2}}}{(2\nu+1)!}. \tag{9}$$

Diese Reihe ist für jeden Wert von α konvergent; sie erreicht ihr Maximum bei $\alpha = 0.855\ldots$, eine Zahl, die sich am einfachsten aus (8a) berechnen läßt. Der maximale Wert des Ausdrucks (9) ergibt sich danach zu $-2\cdot 0.541\ldots$ Setzt man dieses in (5) ein, so erhält man für die maximale Konzentrationsänderung bei der Kondensatorenentladung (unter Berücksichtigung, daß $b = \frac{1}{WC}$):

$$c - c_0 = \frac{\nu V\sqrt{C}}{\sqrt{k\pi W}}\cdot 0.541 = 0.765\nu\cdot\sqrt{\frac{E}{W\pi k}}, \tag{10}$$

da die Energie eines geladenen Kondensators (E) gleich $\frac{V^2 C}{2}$ ist.

Dieses Maximum wird erreicht, wenn die Stromstärke auf $J = J_0 e^{-0.855}$, d. h. auf den 2.35sten Teil ihres ursprünglichen Wertes gesunken ist. Von der Gesamtenergie ist somit in diesem Augenblick nur noch $\frac{V^2 C}{2.35^2 \cdot 2}$ im Kondensator vorhanden, $\frac{V^2 C}{2} \cdot 0.819$ ist bereits verbraucht worden.

Zur Veranschaulichung des Einflusses, den die Form der Stromkurve auf die zu den Konzentrationsverschiebungen gebrauchte Energie ausübt, ist ein Vergleich einer Konzentrationsänderung durch einen konstanten Stromstoß geeignet. Für diesen Fall erhält man[1]:

$$c - c_0 = \nu J \sqrt{\frac{t}{\pi k}} = \nu \sqrt{\frac{E}{\pi k W}} \qquad (11)$$

da $E = WJ^2 t$. Um durch eine Kondensatorentladung dieselbe Konzentrationsänderung hervorzurufen wie durch einen konstanten Strom, bedarf es cet. par. eines 1.71 mal größeren Energieaufwandes, wie sich durch Vergleich von (10) mit (11) ergibt. Zieht man zum Vergleich nicht die Gesamtenergie des Kondensators in Betracht, sondern nur den Betrag, den er bis zur Erreichung der maximalen Konzentrationsänderung verliert, so erhält man für das Verhältnis der Energien (Kondensator : Gleichstrom): 1.40.

Von Nernst ist die Hypothese aufgestellt worden, daß der Nervenreiz durch einen galvanischen Strom auf Konzentrationsänderungen im Gewebe beruht. Daher sind die im vorhergehenden abgeleiteten Beziehungen ohne weiteres auf die bei der galvanischen Nervenreizung beobachteten Erscheinungen anzuwenden.

Speziell bei der Kondensatorentladung ergab sich für die maximale Konzentrationsänderung Gl. (10); danach muß zur Erzeugung einer konstanten maximalen Konzentrationsänderung, d. h. zum Hervorrufen desselben Reizes (Schwellenreiz), $V\sqrt{C}$ oder E konstant sein. In der Tat finden sich in der physiologischen Literatur hinreichend Beobachtungen des Schwellenreizes, bei denen wenigstens innerhalb eines gewissen Gebietes $V\sqrt{C}$ eine bemerkenswerte Konstanz aufweist (Tabelle 1—6).

---

[1] Nernst, Sitzungsber. 1908, 5; übrigens läßt sich diese Beziehung sehr leicht aus (5) ableiten.

Tabelle 1. Hoorweg[1].

C (10−8 F.)	V beob.	V ber.	$V\sqrt{C}$
20	9.0	9.0	40
8	12.5	14.2	35
5	16.0	18.0	36
2	30.0	28.5	42.5
1.5	36.0	33.0	44.0
1	44.0	40.2	44.0

$$V = \frac{40.2}{\sqrt{C}}$$

Tabelle 2. Cybulski und Zanietowski[2].

C (10−8 F.)	V beob.	V ber.	$V\sqrt{C}$
9.4	0.125	0.103	0.384
2	0.195	0.224	0.276
1	0.272	0.316	0.272
0.5	0.468	0.447	0.331

$$V = \frac{0.316}{\sqrt{C}}$$

Tabelle 3. Zanietowski[3].

C (10−8 F.)	V beob.	V ber.	$V\sqrt{C}$
10	38	35	120
5	45	49	101
2	77	78	109
1	110	110	110

$$V = \frac{110}{\sqrt{C}}$$

Tabelle 4. Waller[4].

C (10−8 F.)	V beob.	V ber.	$V\sqrt{C}$
80	10	8.7	89
14	20	20.9	75
5	30	35.0	68
3.5	40	41.8	75
1.5	70	64.0	86

$$V = \frac{78.1}{\sqrt{C}}$$

[1] Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie **52**, 87.
[2] Pflügers Archiv **56**, 45.
[3] Zanietowski, Die Kondensatormethode, Leipzig 1906.
[4] Prooc. of R. S. London **65**, 207.

Tabelle 5. HERMANN[1].

C (10^{-8} F.)	V beob.	V ber.	$V\sqrt{C}$
20	53.5	48.4	239
10	67.6	67.4	214
5	90.7	96.5	203
2	139.5	153.0	197
1	230.1	216.0	230
[0.1)	1543.4	—	477.0]

$$V = \frac{216}{\sqrt{C}}$$

Tabelle 6. LAPICQUE[2]. (Temperatur: 12°.)

C (10^{-8} F.)	V beob.	V ber.	$V\sqrt{C}$
50	0.30	0.28	2.12
10	0.55	0.59	1.74
5	0.75	0.88	1.68
2	1.38	1.39	1.95
1	2.35	1.97	2.35

$$V = \frac{1.97}{\sqrt{C}}$$

Wie aus den Tabellen ersichtlich, zeigt die Größe $V\sqrt{C}$ bei raschen und langsamen Entladungen (kleine und große Kapazität) höhere Werte als bei Entladungen von mittlerer Dauer; die durchgesandte Energie durchläuft demnach offenbar ein, wenn auch wenig ausgeprägtes Minimum, eine Erscheinung, der eine Reihe von Autoren eine hohe Bedeutung beimißt. Nach der NERNSTschen Hypothese ist anzunehmen, daß nur in der Nähe dieses wenig ausgeprägten Energieminimums der Nervenreiz unmittelbar von der durch den Stromstoß verursachten Konzentrationsänderung abhängt, daß aber bei langsamen und sehr raschen Entladungen Erscheinungen hinzutreten, die das Grundphänomen verdecken; diese sollen im folgenden besprochen werden.

Die Erscheinung erstens, die sich bei langsamen Entladungen geltend macht, bezeichnet NERNST als Akkomodation des Nervs. Ihre Haupteigenschaften, namentlich wie sie bei Versuchen mit Gleichstrom und Wechselstrom hervortreten, sind bereits von NERNST[3] beschrieben worden (z. B. Einfluß der Temperatur usw.).

Es möge daher nur eine bei den Kondensatorentladungen hervortretende Eigentümlichkeit der Akkommodation erwähnt werden, die aus einigen Beobachtungen LAPICQUES hervorgeht[4]. Dieser Forscher stellte

[1] PFLÜGERS Archiv 111, 537.
[2] C. r. d. l. Société de Biologie 62, 37.
[3] PFLÜGERS Archiv 122 (1908), S. 311.
[4] Journ. de Physiol. et de Pathol. gén. Nov. 1903, S. 1003.

fest, bis zu welchem Zeitpunkte die Kondensatorentladung physiologisch wirkt. Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt: Zunächst wurde für eine bestimmte Kapazität die zum Schwellenreiz nötige Spannung gesucht. Dann wurde bei derselben Spannung und Kapazität nur ein Teil des Stromstoßes von genau bekannter Dauer durch den Nerv geleitet; unterhalb einer bestimmten Zeit reagierte der Nerv nicht mehr (Tab. 7, dritte Reihe), oberhalb dieser Grenze verhielt er sich genau so, als ob der gesamte Stromstoß gewirkt hätte. In der vierten Reihe ist nach der Beziehung $t = 0.855\, WC$ die Zeit berechnet, die zur Erreichung der maximalen Konzentrationsänderung theoretisch nötig ist. Der Widerstand betrug 70000 Ohm.

Tabelle 7.

C (10^{-8} F.)	V	Erforderliche Zeit (sek · 10^{-3})	t(maximal) · 10^3 (ber.)	$V \sqrt{C} \cdot 0.541$	$\frac{1}{2} V \sqrt{C} \cdot \Phi\left(\frac{t}{WC}\right)$	Gleichstrom		
						$t \cdot 10^3$	V	$V \sqrt{t}$
100	0.106	1.81	60.0	0.586	0.168	1.85	0.1045	0.142
10	0.123	1.54	6.0	0.211	0.158	1.55	0.109	0.136
5	0.140	1.35	3.0	0.168	0.150			
2	0.185	0.93	1.20	0.142	0.136	0.93	0.130	0.125
1	0.255	0.63	0.60	0.138	0.138	0.63	0.170	0.135

Die Tabelle zeigt, daß der Nerv nicht auf die maximale Konzentrationsänderung anspricht; dieselbe wird so spät erreicht, daß sich der Nerv akkommodiert. Die Größe der Konzentrationsänderung, auf die der Nerv tatsächlich reagiert, läßt sich nun aus Gleichung (9) unter Benutzung der in der dritten Reihe angegebenen Zeiten berechnen. Das Resultat (dieser Konzentrationsänderung proportionale Werte) ist in der sechsten Reihe angegeben. Zwar gelingt es auf dieseWeise nicht, die Akkommodation vollständig zu eliminieren; immerhin wird wenigstens der Teil der Stromkurve ausgeschaltet, der den Nerv nach der Erregung, also physiologisch wirkungslos, durchläuft. So tritt denn auch hier das Grundgesetz (Konstanz der Erregungskonzentration) erheblich deutlicher zutage als in der fünften Reihe. Zum Vergleich ist in den letzten Reihen eine unter denselben Bedingungen gemachte Beobachtung mit Gleichstrom angeführt, aus der hervorgeht, daß die Akkommodation in beiden Fällen bei derselben Reizdauer beginnt ($t =$ etwa $1.5 \cdot 10^{-3}$ sek). Während beim konstanten Strom der gesamte Stromstoß zur Erzeugung der Erregungskonzentration verwandt wird, geht, wie erwähnt, bei der Kondensatorentladung im Akkommodationsgebiet ein erheblicher Teil desselben unwirksam durch den Nerv. Daher wird in diesem Gebiet beim Kondensator eine sehr

viel höhere Energie verbraucht als beim Gleichstrom. Das Energieminimum tritt folglich beim Kondensator schärfer hervor, und es hat den Anschein, als ob bei der Kondensatorentladung der Nerv gegenüber der Akkommodation empfindlicher sei als beim Gleichstrom.

Bei Beantwortung der zweiten Frage, wie die Abweichungen vom Grundgesetze bei raschen Entladungen zu erklären sind, sind zwei Möglichkeiten zu unterscheiden: dieselbe kann entweder auf einer physiologischen oder auf einer physikalischen Ursache beruhen.

Einerseits ist es denkbar, daß der Nerv nur dann auf den Reiz bzw. die Konzentrationsänderung anspricht, wenn dieselbe eine gewisse Zeit hindurch besteht. Namentlich bei Versuchen mit Wechselströmen könnte sich möglicherweise ein derartiger Einfluß der Zeit bemerkbar machen[1], da die Konzentrationsänderungen in diesem Falle nur sehr kurze Zeit bestehen bleiben. Anders liegen die Verhältnisse bei einfachen Stromstößen, wie Kondensatorentladung und Gleichstrom. Hier wird das Maximum der Konzentrationsänderung in dem Augenblicke erreicht, wo der Stromstoß schon nahezu oder vollständig vorüber ist. Dann wird die Konzentrationsänderung sich wieder allmählich ausgleichen, und dieser Ausgleich ist (anders als bei Wechselstrom) unabhängig von dem ursprünglichen Stromstoß. Die Dauer des Ausgleiches hängt in erster Linie von der Größe der (als elektrolytischer Trog betrachteten) Nervenzelle ab. Im allgemeinen wird anzunehmen sein, daß wenigstens bei einigermaßen kurzen Stromstößen die Erzeugung der Konzentrationsänderung weit rascher vor sich geht als ihr Abklingen. In diesem Falle würde also die maximale Konzentrationsänderung stets nahezu dieselbe Zeit bestehen und Gelegenheit haben, auf den Nerv zu wirken, gleichgültig, ob ihre Erzeugung mehr oder weniger rasch erfolgt ist.

Wahrscheinlicher als die Zurückführung jener Abweichung auf eine derartige physiologische Ursache erscheint eine physikalische Erklärung. Es handelt sich hierbei um die Frage: wird bei sehr kurzen Stromstößen bei konstant gehaltener Energie die Erregungskonzentration überhaupt erreicht, oder ist sie kleiner, als nach der Theorie zu erwarten ist? Wie erwähnt, hängt die Konzentrationsänderung in hohem Maße von der Form der Stromkurve ab. Nun liegt die Annahme nahe, daß dieselbe bei kurzen Stromstößen deformiert wird. Bei raschen Kondensatorentladungen würde diese Deformation in erster Linie dem Einfluß der Selbstinduktion (möglicherweise auch der Kapazität[2]) des Stromkreises zuzuschreiben sein. Zur Berechnung des Vorgangs müßte

[1] Vgl. Nernst, Pflügers Archiv, a. a. O.
[2] Vgl. Zanietowski, a. a. O. S. 16.

man somit zu einer anderen Formel für die Stromkurve übergehen (z. B. Kondensatorentladung mit Selbstinduktion:

$$J = \frac{V e^{-\frac{W}{2S}t}}{\sqrt{w^2 - 4\frac{S}{C}}} \left(e^{+t\sqrt{\frac{W^2}{4S^2} - \frac{1}{SC}}} - e^{-t\sqrt{\frac{W^2}{4S^2} - \frac{1}{SC}}} \right).$$

Da t mit zwei verschiedenen Parametern verbunden ist, verliert der Satz, daß die Energie der Stromstoßes zur Erzeugung der Erregungskonzentration konstant sein muß, seine Gültigkeit. Daß eine derartige Deformation bei gleichem Energieverbrauch eine geringere Konzentrationsänderung zur Folge haben würde, als eine nichtdeformierte Kurve, erscheint von vornherein einleuchtend. Denn je mehr die Stromkurve beim Durchgang der gleichen Elektrizitätsmenge (V und C als konstant vorausgesetzt) verlängert wird (Einfluß der Selbstinduktion), desto geringer ist die durch sie bewirkte Konzentrationsänderung. Eine bestimmte Elektrizitätsmenge häuft nämlich eine bestimmte Menge des Elektrolyten an der Elektrode an; je länger aber diese Anhäufung dauert, desto mehr geht inzwischen durch Diffusion verloren. (Beispiel: konstanter Stromstoß: $c - c_0 = \frac{\nu Q}{\sqrt{\pi k t}}$; $Q = Jt$).

Daß allein die Selbstinduktion die Störungen bewirkt hat, muß als unwahrscheinlich bezeichnet werden, da man sonst dem Selbstinduktionskoeffizienten der Stromkreise der verschiedenen Beobachter unwahrscheinlich hohe Werte zuschreiben müßte[1]. Daß aber tatsächlich sehr erhebliche Deformationen der Stromkurve einzutreten pflegen, beweisen einige Versuche wiederum Lapicques[2]. Wie bei den Versuchen in Tabelle 7 wurde nur ein Teil des Kondensators entladen. Aus der Zeitdauer des Stromschlusses, dem Widerstand usw. war die durchgesandte Elektrizitätsmenge zu berechnen; mit Hilfe eines ballistischen Galvanometers wurde dieselbe direkt gemessen. Es ergab sich

---

[1] Nimmt man z. B. an, daß in Tabelle 5 bei den letzten eingeklammerten Werten die Stromkurve durch die Selbstinduktion bereits so weit deformiert gewesen sei, daß bei einer noch kleineren Kapazität eine oszillierende Entladung eingetreten wäre, daß also etwa für $C = 1 \cdot 10^{-9} F$ der Ausdruck $\sqrt{\frac{W^2}{4S^2} - \frac{1}{SC}}$ verschwinden würde, so müßte $\frac{4S}{C} = W^2$, oder da $W = 22100\,\Omega$ betrug, $S = \frac{1 \cdot 10^{-9} \cdot 4.89 \cdot 10^8}{4} = 0.12$ Henry gewesen sein. Es ist nicht anzunehmen, daß der Selbstinduktionskoeffizient einen derartig hohen Wert besaß; selbst ein zehnmal kleinerer Wert muß als unwahrscheinlich bezeichnet werden.

[2] Journ. de Physiol. et de Pathol. gén., a. a. O.

eine regelmäßige Abweichung; bei raschen Entladungen war die tatsächlich entladene (gemessene) Elektrizitätsmenge geringer als die nach der logarithmischen Formel berechnete. Er selbst schließt hieraus: »C'est-à-dire qu'il y a un retard à l'établissement du courant (self et capacité du circuit). Je n'ai jamais pu rendre ce retard négligeable.« Sehr deutlich tritt diese Verzögerung auch bei einem anderen Versuche hervor, den LAPICQUE in der bei Tabelle 7 angegebenen Weise mit einer etwas rascheren Entladung anstellte: es berechnet sich die Zeit des Eintritts der maximalen Konzentrationsänderung ($C = 2 \cdot 10^{-8}$, $W = 13500$) zu $0.23 \cdot 10^{-3}$ sek, während LAPICQUE als erforderliche Zeitdauer $t = 0.51 \cdot 10^{-3}$ sek findet. Da nun offenbar die Versuche LAPICQUES zu den genauesten auf diesem Gebiete gehören, scheint die Annahme gerechtfertigt, daß auch bei anderen Beobachtern ähnliche Deformationen der Stromkurve eingetreten sind.

Auch auf der Seite der kurzen Stromstöße zeigt sich bei der Kondensatorentladung eine stärkere Abweichung als beim konstanten Strom, wie ein Vergleich der Tabellen 1—6 mit den von NERNST angeführten Tabellen[1] lehrt. Faßt man nun die Deformation der Stromkurve als Ursache des scheinbaren Versagens des Grundgesetzes auf, so ist dieses Verhalten ohne weiteres erklärlich. Eine Stromkurve ist nämlich gegen eine Deformation (durch Selbstinduktion usw.) um so empfindlicher, je steiler sie ansteigt, je größer $\frac{dJ}{dt}$ ist. Offenbar ist dieses bei der Kondensatorentladung in weit höherem Maße der Fall als beim konstanten Stromstoß.

Obgleich somit die Möglichkeit einer rein physiologischen Ursache für das Zustandekommen der Abweichungen bei raschen Entladungen nicht in Abrede gestellt werden kann, scheint es doch die Hauptaufgabe bei späteren Versuchen zu sein, die Form der Stromkurve auch bei sehr raschen Entladungen sorgfältig zu beachten, entweder indem man ihre Gestalt nach irgendeiner bekannten Methode direkt feststellt, oder indem man sämtliche in Frage kommenden Größen (Selbstinduktion, Kapazität) genau ermittelt und in Rechnung setzt.

Zur weiteren experimentellen Prüfung der NERNSTschen Hypothese wäre es von Wichtigkeit, die physiologische Wirksamkeit der verschiedenartigen Stromstöße untereinander zu vergleichen. Auf S. 531 wurde angegeben, daß zur Erzeugung der gleichen Konzentrationsänderung die Energie einer Kondensatorentladung 1.71 mal größer sein muß als die eines konstanten Stromstoßes. Statt 1.71 berechnet sich

[1] Sitzungsber., a. a. O.

aus Tabelle 7 bei $t = 0.93 \cdot 10^{-3}$ sek der immerhin naheliegende Wert $\frac{E_{\text{Kondensator}}}{E_{\text{Gleichstrom}}} = \frac{3.43}{2.24} = 1.49$. Indessen reichen die bisherigen experimentellen Untersuchungen nicht aus, um für diesen Spezialfall ein endgültiges Urteil über die Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung zu gewinnen. Dieses wird von den Resultaten zukünftiger Beobachtungen abhängen.

Ausgegeben am 21. Mai.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
XXVII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

21. Mai. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Vahlen.

1. Hr. Schäfer besprach den Zug König Lothar's gegen Böhmen im Jahre 1126. (Ersch. später.)

Die Quellen gestatten, die Hergänge verständlicher zu erfassen, als es bis jetzt geschehen ist; auch lässt sich einigermaassen wahrscheinlich machen, wo der Schauplatz der Ereignisse zu suchen ist.

2. Hr. Pischel überreichte die achte Auflage seiner Bearbeitung von Stenzler's Elementarbuch der Sanskrit-Sprache. München 1908.

Ausgegeben am 4. Juni.

SITZUNGSBERICHTE 1908.

XXVIII.

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

21. Mai. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

1. Hr. Fischer las: Synthese von Polypeptiden.

Durch Verbesserung der allgemeinen Methoden ist die Darstellung neuer Tyrosinpeptide und eines dem Glycylglycin entsprechenden Acetals ermöglicht worden. Anhangsweise wird unter der Bezeichnung »Mikropolarisation« ein Verfahren zur Bestimmung des optischen Drehungsvermögens mit sehr kleinen Mengen beschrieben.

2. Hr. Planck legte eine Abhandlung von Hrn. Prof. J. Stark in Greifswald vor: Über die Spectra des Sauerstoffs (Doppler-Effect bei Kanalstrahlen).

Es wird hauptsächlich die Lichtemission der Kanalstrahlen in Sauerstoff untersucht. Aus der Grösse des maximalen Doppler-Effectes wird gefolgert, dass die Träger der Funkenlinien hochwerthige positive Atomionen sind. Ferner wird der Doppler-Effect bei Kanalstrahlen an den Serienlinien des Sauerstoffs festgestellt; die bewegte Intensität der Serienlinien in den Kanalstrahlen ist sehr gering, verglichen mit derjenigen der Funkenlinien. Auch wird zum ersten Male der Doppler-Effect bei Kanalstrahlen an zwei Aluminiumlinien (Duplet einer zweiten Nebenserie) beobachtet. Am Schlusse werden aus dem bis jetzt vorliegenden Beobachtungsmaterial über den Doppler-Effect bei Kanalstrahlen einige allgemeine Folgerungen über die elektrische Dissociation der chemischen Atome gezogen.

3. Hr. Planck legte eine weitere Abhandlung von Hrn. Prof. J. Stark in Greifswald und Hrn. W. Steubing vor: Über die spectrale Intensitätsvertheilung der Kanalstrahlen in Wasserstoff.

Mit einem Spectrophotometer wird die Intensität der drei Wasserstofflinien λ 652, λ 486 und λ 434 gemessen für den Fall, dass die Kanalstrahlen orthogonal zum Visionsradius laufen. Es ergiebt sich, dass die spectrale Intensitätsvertheilung der Kanalstrahlen eine Function ihrer Geschwindigkeit ist; das Verhältniss der Intensität einer Wellenlänge zu derjenigen einer grösseren Wellenlänge nimmt mit wachsender kinetischer Energie der Kanalstrahlen zu, und zwar um so rascher, je kleiner das Verhältniss der Wellenlängen ist.

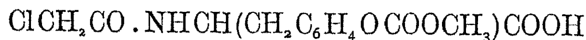
4. Hr. Rubner überreichte seine Werke: Das Problem der Lebensdauer und seine Beziehungen zu Wachstum und Ernährung. München und Berlin 1908 und: Volksernährungsfragen. Leipzig 1908.

Synthese von Polypeptiden.

Von Emil Fischer.

Für den Aufbau komplizierter Polypeptide aus den einfachen Aminosäuren sind die bisher bekannten Methoden ausreichend, wie ich vor Jahresfrist durch die Gewinnung eines Oktadekapeptids gezeigt habe[1]. Schwierigkeiten ergeben sich aber, wenn es sich darum handelt, Kombinationen der Oxy-aminosäuren in der gleichen Art zu verarbeiten; insbesondere stört hier die Empfindlichkeit des Hydroxyls gegen Phosphorpentachlorid. Dieser Übelstand ist mir besonders fühlbar geworden bei dem Versuch, die verschiedenen isomeren Tri- und Tetrapeptide zu gewinnen, die das Tyrosin mit dem Glykokoll und dem Alanin bilden kann und deren Entstehung man bei der partiellen Hydrolyse des Seidenfibroins erwarten darf. Ich habe deshalb nach einem Mittel gesucht, den schädlichen Einfluß des im Tyrosin enthaltenen Hydroxyls vorübergehend zu beseitigen, und gefunden, daß die Einführung der Carbomethoxylgruppe für diesen Zweck sehr geeignet ist, denn diese läßt sich jederzeit leicht wieder durch Verseifung entfernen.

Die Brauchbarkeit des Verfahrens wurde zunächst für das Chloracetyl-l-tyrosin geprüft. Durch Schütteln seiner alkalischen Lösung mit Chlorkohlensäuremethylester entsteht in fast quantitativer Ausbeute das Chloracetyl-carbomethoxy-l-tyrosin:



$$ClCH_2CO \, . \, NHCH(CH_2C_6H_4O\,COOCH_3)COOH$$

Dieses läßt sich durch Behandlung mit Acetylchlorid und Phosphorpentachlorid verhältnismäßig leicht in das entsprechende Säurechlorid verwandeln. Bringt man letzteres dann in ätherischer oder Chloroform-Lösung mit Glykokollester zusammen, so entsteht der Chloracetyl-carbomethoxy-tyrosyl-glycinäthylester:



$$ClCH_2CO \, . \, NHCH(CH_2C_6H_4O\,COOCH_3)CO \, . \, NHCH_2COOC_2H_5$$

Glücklicherweise findet bei diesem Ester schon durch Schütteln mit kaltem verdünntem Alkali totale Verseifung statt, wobei die Carbo-

---

[1] Berichte der Deutschen Chem. Gesellschaft 40, 1754 (1907).

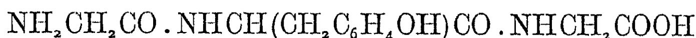
methoxylgruppe als Methylalkohol und Kohlensäure abgespalten wird und in befriedigender Ausbeute das Chloracetyl-tyrosyl-glycin



$$ClCH_2CO . NHCH(CH_2C_6H_4OH)CO . NHCH_2COOH$$

resultiert.

Daraus entsteht endlich durch Amidierung Glycyl-tyrosyl-glycin:



$$NH_2CH_2CO . NHCH(CH_2C_6H_4OH)CO . NHCH_2COOH$$

Ich zweifle nicht daran, daß man mit dieser Methode zahlreiche bisher unzugängliche Polypeptide des Tyrosins bereiten kann, und hoffe, daß sie sich auch auf andere Oxyaminosäuren, z. B. Serin, übertragen läßt.

Leider erfolgt während der Synthese eine starke Racemisierung der Tyrosingruppe, denn der Chloracetyl-carbomethoxy-tyrosyl-glycinester und die daraus dargestellten weiteren Produkte erwiesen sich sämtlich als optisch inaktiv.

Reduktionsprodukte der Polypeptide sind bisher nicht bekannt. Man könnte daran denken, solche Körper, die an Stelle des endständigen Carboxyls die Aldehydgruppe enthalten, durch Reduktion der Ester mit Natriumamalgam in ähnlicher Weise darzustellen, wie kürzlich der Glykokollester gleichzeitig von mir[1] und von C. Neuberg[2] in Aminoaldehyd oder Aminoacetal übergeführt wurde.

Da aber diese Reduktion nur schlechte Ausbeuten liefert, so habe ich einen anderen Weg eingeschlagen, der viel leichter zum Ziele führt und der Bildung von Dipeptiden aus Halogenacyl-aminosäuren entspricht.

Bringt man Aminoacetal mit Chloracetylchlorid in ätherischer Lösung zusammen, so findet sofort Umsetzung statt, und es entsteht neben salzsaurem Aminoacetal in reichlicher Menge ein syrupöses Produkt, das zwar nicht analysiert wurde, das aber nach seiner Entstehungsweise und seinem ganzen Verhalten sehr wahrscheinlich Chloracetyl-aminoacetal ist:



$$ClCH_2CO . NHCH_2CH(OC_2H_5)_2$$

Bei der Behandlung mit Ammoniak tauscht es nämlich das Halogen gegen Amid aus und verwandelt sich in eine Base, die nach der Analyse der Salze die Zusammensetzung $C_8H_{18}O_3N_2$ hat und die ich für Glycyl-aminoacetal



$$NH_2CH_2CO . NHCH_2CH(OC_2H_5)_2$$

halte.

---

[1] Bericht der Deutsch. Chem. Gesellsch. **41**, 1019 (1908).

[2] Ebendas. **41**, 956 (1908).

Sie zeigt manche Ähnlichkeit mit dem Aminoacetal selbst. Insbesondere wird sie von Säuren sehr leicht in ein Produkt verwandelt, das die Fehlingsche Lösung stark reduziert und wahrscheinlich Glycyl-aminoaldehyd oder, mit anderen Worten, der Aldehyd des Glycyl-glycins ist.

Diese Synthese läßt sich ohne Zweifel in mannigfaltiger Weise variieren, und von den Produkten darf man mit Hinblick auf die Reaktionsfähigkeit der Aminoaldehyde einerseits und der Dipeptide andrerseits merkwürdige Umwandlungen erwarten.

Chloracetyl-carbomethoxy-l-tyrosin.



13 g Chloracetyl-l-tyrosin werden in 100 ccm n-Natronlauge (2 Mol.) gelöst, in einer Kältemischung gut gekühlt und 5 g (1.1 Mol.) chlorkohlensaures Methyl zugefügt. Das Öl verschwindet bei kräftigem Schütteln fast augenblicklich, und nach 5—10 Minuten ist auch der Geruch des Chlorids verschwunden. Beim Ansäuern mit 10 ccm 5 norm. Salzsäure fällt das Reaktionsprodukt als dickes Öl aus, das sofort mit dem doppelten Volumen Äther ausgeschüttelt wird. Die Ätherauszüge werden mit Natriumsulfat flüchtig getrocknet und auf dem Wasserbade stark eingeengt. Durch Zufügen von Petroläther wird das Produkt ölig abgeschieden, kristallisiert aber beim Reiben nach kurzer Zeit. Nach dem Absaugen, Waschen mit Petroläther und Trocknen im Exsikkator betrug die Ausbeute 14.8 g oder 94 Prozent der Theorie. Löst man das Produkt in 50 Theilen heißem Wasser, so fällt es beim Abkühlen erst als Öl, kristallisiert aber bei längerem Stehen in Eis als mikroskopische, äußerst dünne, langgestreckte und zugespitzte farblose Blättchen, die vielfach wie Nadeln aussehen. Sie wurden zur Analyse im Vakuumexsikkator über Schwefelsäure getrocknet.

0.1980 g Subst.: 0.3600 g CO_2, 0.0808 g H_2O
0.1747 g » 0.0795 g AgCl

Berechnet für $C_{13}H_{14}O_6NCl$ (315.57): C 49.43 H 4.47 Cl 11.23
Gefunden: C 49.59 H 4.56 Cl 11.25

Beim raschen Erhitzen im Kapillarrohr schmilzt die Substanz bei 116° (korrigiert) zu einer klaren farblosen Flüssigkeit, nachdem schon einige Grade vorher Sinterung eingetreten ist.

Sie löst sich leicht in Alkohol, Essigäther, Aceton, schwerer in Chloroform, Toluol, Äther, noch schwerer in kaltem Wasser, und ist fast unlöslich in Petroläther.

Mit MILLONS Reagens gibt die wäßrige Lösung selbst in gelinder Wärme keine Rotfärbung; erst bei stärkerem und längerem Erhitzen tritt eine schwache Rosafärbung ein.

Durch überschüssiges Alkali wird die Carbomethoxygruppe sehr leicht angegriffen. Löst man nämlich die Substanz in etwa 4 Mol. n-Alkali, so erfolgt beim Ansäuern stürmische Kohlensäureentwicklung.

Zur Bestimmung des Drehungsvermögens diente eine Lösung in absolutem Alkohol:

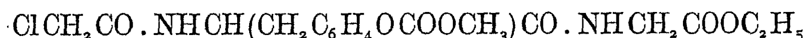
0.3250 g Subst. Gesamtgewicht der Lösung 3.2561 g. d = 0.8273. Drehung bei 20° und Natriumlicht im 1 dcm-Rohr + 4.02° (± 0.02). Mithin:

$$[\alpha]_D^{20^\circ} = +48.7^\circ (\pm 0.2).$$

Chloracetyl-carbomethoxy-tyrosylchlorid.

4 g der zuvor beschriebenen rohen Säure, die durch Fällen der ätherischen Lösung mit Petroläther erhalten ist, werden fein gepulvert, durch ein Haarsieb getrieben, dann mit 20 ccm frisch destilliertem Acetylchlorid übergossen und in die durch Eis gekühlte Suspension 3 g (1.1 Mol.) schnell gepulvertes, frisches Phosphorpentachlorid eingetragen. Beim Schütteln tritt im Laufe weniger Minuten klare Lösung ein. Das Acetylchlorid und Phosphoroxychlorid müssen unter stark vermindertem Druck schnell verdampft werden. Der schwach gelb gefärbte ölige Rückstand wird zweimal mit trocknem Petroläther gewaschen und dann mit etwa 25 ccm trocknem Äther aufgenommen. Von einer geringen Menge ungelöster Substanz wird schnell filtriert und die klare gelbliche ätherische Lösung des Chlorids direkt zur Synthese verwendet. Manchmal scheidet sich das Chlorid beim Abdampfen des Acetylchlorids kristallisiert ab. In diesem Zustand ist es in Äther schwer löslich, und man tut dann besser, nach dem Waschen mit Petroläther in Chloroform zu lösen und diese Flüssigkeit in der später beschriebenen Weise für die Kupplung mit Glykokollester zu verwenden.

Chloracetyl-carbomethoxy-tyrosyl-glycinäthylester.



$ClCH_2CO . NHCH(CH_2C_6H_4OCOOCH_3)CO . NHCH_2COOC_2H_5$

In eine durch Eis gekühlte Lösung von 5.2 g (4 Mol.) Glykokollester in etwa 75 ccm trocknem Äther wird die ätherische Lösung des Chlorids allmählich unter starkem Schütteln eingetragen. Man muß darauf achten, daß die ätherische Lösung stets alkalisch bleibt

und deshalb, wenn nötig, noch mehr Glykokollester zufügen. Zusammen mit dem salzsauren Glykokollester fällt das Kupplungsprodukt als gelbliche, klebrige Masse aus, die aber beim langen Reiben allmählich fest wird. Nach dem Absaugen, Waschen mit Äther und Trocknen entfernt man aus dem Gemisch das Glykokollesterhydrochlorat durch Verreiben mit 10 ccm Wasser. Zur Reinigung wird das Rohprodukt in etwa der 8fachen Menge heißem Alkohol gelöst und nach dem Filtrieren das 2—3fache Volumen heißes Wasser zugefügt. In der Regel kristallisiert der Ester dann sofort aus.

Die Ausbeute ist ziemlich schwankend und betrug im besten Falle 50 Prozent der Theorie, berechnet auf das angewandte Chloracetyl-carbomethoxy-tyrosin.

Ist das zu verwendende Säurechlorid kristallisiert, so benutzt man, wie oben erwähnt, zum Lösen nicht Äther, sondern ganz trocknes Chloroform, von dem auf 4 g ursprüngliches Chloracetyl-carbomethoxy-tyrosin etwa 20 ccm zur Anwendung kommen. Diese Lösung trägt man allmählich in eine durch Kältemischung gekühlte Lösung von 6 g Glykokollester in 75 ccm Chloroform ein. Das Kupplungsprodukt bleibt hier gelöst, während Glykokollesterchlorhydrat auskristallisiert. Etwa 30 Minuten nach beendigter Eintragung wird die filtrierte Chloroformlösung unter vermindertem Druck stark eingedampft, dann mit Petroläther gefällt und der klebrige Niederschlag nach Entfernen der Mutterlauge mit Wasser durchgerührt, wobei er durchgehends kristallinisch erstarrt. Zur Reinigung wird ebenfalls aus verdünntem Alkohol umkristallisiert. Die Ausbeute war hier etwas besser; sie betrug an reinem Produkt bis 60 Prozent der Theorie.

Zur Analyse wurde nochmals aus verdünntem Alkohol umkristallisiert und im Vakuum über Schwefelsäure getrocknet.

0.1956 g Subst.: 0.3650 g CO_2, 0.0944 g H_2O
0.1261 g » 0.0458 g AgCl

Berechnet für $C_{17}H_{21}O_7N_2Cl$ (400.63): C 50.92 H 5.28 Cl 8.85
Gefunden: C 50.89 H 5.40 Cl 8.98

Beim raschen Erhitzen im Kapillarrohr beginnt der Ester gegen 125° zu sintern und schmilzt bei 130° (korrigiert) zu einer klaren Flüssigkeit.

Er ist in Essigäther, Chloroform, Aceton und warmem Alkohol leicht löslich, schwerer in Benzol, sehr schwer in Äther und Wasser, selbst in der Hitze, fast unlöslich in Petroläther. Er kristallisiert aus Alkohol oder Benzol in feinen verfilzten Nädelchen, aus heißem Wasser in schmalen, konzentrisch verwachsenen Spießen. Weder die alko-

holische noch die Chloroformlösung zeigte eine Drehung des polarisierten Lichtes.

In Soda ist er unlöslich, wird aber durch überschüssiges Alkali allmählich unter Verseifung und Kohlensäureabspaltung gelöst.

Chloracetyl-tyrosyl-glycin.



$ClCH_2CO . NHCH(CH_2C_6H_4OH)CO . NHCH_2COOH$

3 g des Esters werden möglichst fein gepulvert und mit 34 ccm Normalnatronlauge (4½ Mol.) auf der Maschine geschüttelt. Unter starker Gelbfärbung löst sich die Substanz in 1—1½ Stunden. Wird jetzt die braungelbe Flüssigkeit mit 7 ccm 5fach normaler Salzsäure angesäuert, so findet lebhafte Gasentwicklung statt, und die Farbe wird etwas heller. Impft man mit einigen Kristallen, die von einer früheren Darstellung herrühren, so scheiden sich im Laufe einer Stunde beim Kühlen mit Eis und häufigem Reiben 1.6 g oder etwa 70 Prozent der Theorie leicht gelb gefärbte Kriställchen ab. Zur Gewinnung der ersten Kristalle ist es ratsam, die wäßrige Lösung unter stark vermindertem Druck völlig zu verdampfen, den Rückstand mit warmem Essigäther aufzunehmen, vom Kochsalz zu filtrieren und die Lösung abzudunsten. Der syrupöse Rückstand kristallisiert bei längerem Reiben zum größten Teil, und die nun schwer löslichen Kristalle werden mit wenig kaltem Essigäther digeriert, abgesaugt und mit kaltem Essigäther gewaschen.

Zur Reinigung wird die Säure aus der 10fachen Menge heißem Wasser unter Zusatz von Tierkohle umkristallisiert; sie fällt beim Abkühlen in kleinen vierseitigen, fast rechteckigen Platten, die zuweilen wie Prismen aussehen. Zur Analyse waren sie bei 100° getrocknet.

0.1855 g Subst.: 0.3368 g CO_2, 0.0802 g H_2O
0.1807 g » 0.0815 g AgCl

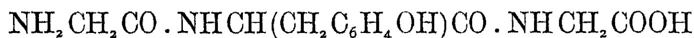
Berechnet für $C_{13}H_{15}O_5N_2Cl$ (314.58): C 49.59 H 4.80 Cl 11.27
Gefunden: C 49.52 H 4.84 Cl 11.15

Die Säure schmilzt beim raschen Erhitzen im Kapillarrohr bei 188—190° (korrigiert) unter Gasentwicklung und Rotfärbung.

Sie ist in reinem Zustand so gut wie farblos; gewöhnlich aber haben die Kristalle einen Stich ins Gelbe. Von heißem Wasser verlangt sie ungefähr 10 Teile zur Lösung und scheidet sich beim Abkühlen auf 0° zum allergrößten Teil aus. In Methylalkohol ist sie leicht löslich, in Äthylalkohol etwas schwerer, recht schwer in Essigäther, Chloroform, Toluol, und fast unlöslich in Äther.

Eine 3prozentige wäßrige Lösung zeigte keine wahrnehmbare Drehung.

Glycyl-tyrosyl-glycin.



$NH_2CH_2CO . NHCH(CH_2C_6H_4OH)CO . NHCH_2COOH$

1 g Chloracetyl-tyrosyl-glycin wird in 5 ccm 25procentigem wäßrigen Ammoniak gelöst und bei 25° aufbewahrt. Nach $2\frac{1}{2}$ Tagen ist alles Halogen abgespalten. Die gelbe Lösung wird unter vermindertem Druck völlig abgedampft und der Rückstand mit etwa 15 ccm absol. Alkohol behandelt. Er bildet dann ein rötlichgelbes Pulver, das abgesaugt und mit Alkohol gewaschen wird. Die Ausbeute an diesem fast völlig halogenfreien Produkt beträgt 0.75 g oder 80 Prozent der Theorie. Es wird zur Reinigung in etwa 8 Teilen heißem Wasser gelöst und durch Zusatz des fünffachen Volumens absol. Alkohols wieder abgeschieden. Es bildet dann mikroskopisch kleine wetzsteinähnliche Kryställchen, die zur Analyse bei 15 mm Druck über Phosphorpentoxyd bei 100° getrocknet wurden.

0.2028 g Subst.: 0.3927 g CO_2, 0.1088 g H_2O
0.1182 g » 11.9 ccm $^1/_{10}$ n. NH_3 (Kjeldahl)

Berechnet für $C_{13}H_{17}O_5N_3$ (295.16): C 52.85 H 5.80 N 14.24
Gefunden: C 52.81 H 6.00 N 14.10

Beim raschen Erhitzen im Kapillarrohr beginnt das Tripeptid sich bei 205° gelb zu färben und zersetzt sich gegen 221° (korrigiert) unter Gasentwicklung und Braunfärbung.

Löst man es in etwa der achtfachen Menge warmem Wasser und kühlt auf 0° ab, so scheidet es sich wieder in reichlicher Menge als weißes, sehr feines, mikrokrystallinisches Pulver ab. Die wäßrige Lösung wird durch eine gesättigte Ammonsulfatlösung nicht gefällt. Die nicht gar zu verdünnte, mit etwas Schwefelsäure versetzte wäßrige Lösung gibt mit Phosphorwolframsäure einen amorphen Niederschlag, der sich in der Wärme ziemlich leicht löst. Die wäßrige Lösung zeigt sehr schön die Millonsche Reaktion. Sie löst Kupferoxyd beim Kochen langsam und färbt sich dabei rein blau. Die alkalische Lösung gibt auf Zusatz von wenig Kupfersulfat eine ins Violett spielende Blaufärbung. Die $2\frac{1}{2}$prozentige wäßrige Lösung zeigte im 2-dcm-Rohr keine wahrnehmbare Drehung.

Glycyl-aminoacetal.



$NH_2CH_2CO . NHCH_2CH(OC_2H_5)_2$

Zu einer gut gekühlten Lösung von 16 g Aminoacetal (2 Mol.) in 50 ccm trocknem Äther gibt man allmählich 6.8 g frisch destilliertes

Chloracetylchlorid (1 Mol.), das durch 40 ccm Äther verdünnt ist. Das Chlorid verschwindet sofort, und bald beginnt die Abscheidung von salzsaurem Aminoacetal. Das von der weißen Kristallmasse abgesaugte ätherische Filtrat wird mit 10 ccm gesättigter Kochsalzlösung durchgeschüttelt, der Äther abgehoben und über Natriumsulfat getrocknet. Nach dem Verdunsten des Äthers bleibt ein fast farbloses Öl zurück. Die Ausbeute ist nahezu quantitativ. Das Öl läßt sich bei 0.1 mm Druck ohne wesentliche Zersetzung destillieren, wenn man kleine Mengen anwendet und möglichst schnell erhitzt. Der Siedepunkt liegt nicht weit über 100°. Bei längerer Dauer des Erhitzens zersetzt sich das Öl. Es ist frisch destilliert farblos. Bei starker Abkühlung durch flüssige Luft oder ein Gemisch von Alkohol und flüssiger Luft wird es fest. Es löst sich ziemlich leicht in kaltem Wasser und wird durch starkes Alkali oder Kochsalz wieder abgeschieden. Analysiert wurde es nicht. Aber es unterliegt keinem Zweifel, daß es der Hauptmenge nach Chloracetylaminoacetal ist.

Um daraus die Aminoverbindung zu gewinnen, wird es mit der 5fachen Menge wäßrigem Ammoniak von 25 Prozent im geschlossenen Rohr 2 Stunden auf 100° erhitzt. Das Öl, das in der kalten Flüssigkeit nur teilweise löslich ist, verschwindet dabei. Man verdampft nun unter geringem Druck zur Trockne. Der rötlichgelb gefärbte Rückstand erstarrt in der Kälte fast vollständig und enthält neben Chlorammonium viel salzsaures Glycylaminoacetal, das sich direkt durch Auslaugen mit warmem Essigäther isolieren läßt.

Ähnlich verläuft die Amidierung bei Anwendung von trocknem, flüssigem Ammoniak. Das Chloracetylaminoacetal löst sich dann sofort, und nach 4tägigem Stehen bei gewöhnlicher Temperatur ist die Reaktion beendet. Beim Verdunsten des Ammoniaks bleibt ein Gemisch eines dicken Sirups mit Kristallen zurück. Man löst in Wasser und erhält beim Verdampfen unter vermindertem Druck ein ähnliches Produkt wie bei Anwendung von wäßrigem Ammoniak.

Zur Isolierung des Glycylaminoacetals schüttelt man das Gemisch von Hydrochlorat und Chlorammonium mit konzentrierter Kalilauge, fügt noch festes Ätzkali zu und extrahiert die ölig abgeschiedene Base mehrmals mit Äther. Die ätherischen Auszüge werden mit festem Ätzkali getrocknet. Beim Verdunsten der filtrierten ätherischen Lösung bleibt das rohe Glycylaminoacetal als gelbrotes Öl zurück, das schon bei gewöhnlicher Temperatur teilweise erstarrt und in einer Kältemischung vollständig fest wird. Durch starkes Trocknen der ätherischen Lösung mit Ätzkali, Klären mit Tierkohle und Verdampfen erhält man es in farblosen Kristallen, die sich aus warmem Ligroin leicht umkristallisieren lassen, bei ungefähr 45° schmelzen und an der

Luft zerfließen. Sie wurden bisher nicht analysiert. Die Base ist in Wasser sehr leicht löslich, wird aber daraus durch starkes Alkali ölig gefällt. Sie reagiert stark alkalisch und reduziert die Fehlingsche Lösung, wenn sie rein ist, auch in der Wärme gar nicht. Dagegen gibt sie mit Fehlingscher Lösung und starker Natronlauge einen fast farblosen, kristallinischen Niederschlag, der sich aus der warmen alkalischen Flüssigkeit umkristallisieren läßt. In Wasser ist dieser Körper mit blauer Farbe leicht löslich, wird aber durch konzentriertes Alkali wieder gefällt. Es scheint eine eigentümliche Kupferverbindung zu sein, dessen Zusammensetzung noch festgestellt werden muß.

Von den Salzen des Glycylaminoacetals habe ich nur das Hydrochlorat und das saure Oxalat näher untersucht. Das erste ist neben Chlorammonium und etwas freier Base in dem Rückstand, der beim Verdampfen der ursprünglichen ammoniakalischen Lösung der Rohbase zurückbleibt, enthalten.

Beim Auslaugen mit warmem Essigäther geht es in Lösung und scheidet sich beim Abkühlen wieder in Kristallen ab. Es löst sich dann schwerer in Essigäther, läßt sich aber doch daraus umkristallisieren. Aus der freien Base gewinnt man dasselbe Salz, indem man die gekühlte ätherische Lösung sehr vorsichtig mit einer alkoholischen oder ätherischen Lösung von Chlorwasserstoff versetzt. Zur Reinigung kann man es auch in wenig Alkohol lösen und durch Äther fällen.

Es bildet farblose, mikroskopische, schräg abgeschnittene Blättchen, die meist zu gezackten Konglomeraten verwachsen sind. Es schmilzt nicht ganz konstant unter Gasentwicklung gegen 119° (korrigiert) zu einer dunklen Flüssigkeit, nachdem schon einige Grade vorher Sinterung eingetreten ist. Es ist äußerst leicht löslich in Wasser, auch von Alkohol wird es leicht aufgenommen; erheblich schwerer löslich ist es in Essigäther und noch viel schwerer in Benzol und Chloroform. Das Umkristallisieren muß immer rasch und mit Vorsicht geschehen, weil das Salz leicht zersetzlich ist. So erleidet es schon beim Erwärmen der wäßrigen Lösung ziemlich rasch eine partielle Verseifung der Acetalgruppe, und die Flüssigkeit reduziert dann in der Wärme die Fehlingsche Lösung, was das reine Hydrochlorat bzw. das daraus entstehende Glycylaminoacetal nicht tut.

Für die Analyse dienten zwei verschiedene Präparate, von denen das eine aus dem Rohprodukt durch direktes Umkristallisieren aus Essigäther und das andere aus der freien Base durch Neutralisation mit Salzsäure in ätherischer Lösung dargestellt und durch Umkristallisieren aus Alkohol und Äther gereinigt war. Getrocknet wurde im Vakuumexsikkator über Phosphorpentoxyd.

0.1857 g Subst.: 0.2874 g CO_2, 0.1420 g H_2O
0.1763 g » 19.2 ccm N (über 33proz. KOH) (20°, 762 mm)
0.1734 g » 7.5 ccm $^1/_{10}$ n. $AgNO_3$

Berechnet für $C_8H_{19}O_3N_2Cl$ (226.61):
C 42.36 H 8.45 N 12.36 Cl 15.64
Gefunden: C 42.21 H 8.55 N 12.54 Cl 15.33

Schöner als das Hydrochlorat ist das saure Oxalat. Es fällt als farbloser, voluminöser Niederschlag, wenn man die Base in alkoholischer Lösung mit der für das saure Salz ausreichenden Menge Oxalsäure zusammenbringt. Zur Reinigung wird es ungefähr in der 40fachen Gewichtsmenge heißem Alkohol rasch gelöst; beim Abkühlen scheidet es sich sofort in feinen weißen Nädelchen aus, die für die Analyse im Vakuumexsikkator über Phosphorpentoxyd getrocknet wurden.

0.1506 g Subst.: 0.2377 g CO_2, 0.0973 g H_2O
0.1427 g » 12.3 ccm N (über 33proz. KOH) (20°, 761 mm)

Berechnet für $C_{10}H_{20}O_7N_2$ (280.17): C 42.83 H 7.19 N 10.00
Gefunden: C 43.05 H 7.22 N 9.91

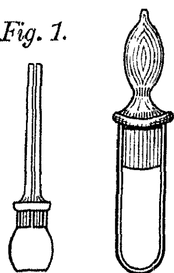
Das Salz hat ebenfalls keinen scharfen Schmelzpunkt; es beginnt gegen 140° dunkel zu werden und schmilzt gegen 150° unter Schäumen. Es löst sich sehr leicht in Wasser und reagiert stark sauer. Erheblich schwerer wird es von heißem Alkohol aufgenommen, noch schwerer von den übrigen organischen Solventien.

Das Pikrat kristallisiert ebenfalls. Bringt man die rohe Base mit Pikrinsäure in Benzol zusammen, so fällt es gewöhnlich zunächst als Öl, das aber bald erstarrt, und das Salz läßt sich dann aus warmem Essigäther leicht in feinen gelben Nädelchen erhalten.

Das Glycylaminoacetal wird von Säuren ebenso leicht verändert wie das Aminoacetal. Es genügt, das neutrale Hydrochlorat oder das saure Oxalat in verdünnter, wäßriger Lösung einige Minuten auf 100° zu erwärmen, um schon eine deutliche Veränderung hervorzurufen; die Flüssigkeit färbt sich dabei gelb und reduziert dann die FEHLINGsche Lösung in der Wärme recht stark. Dieselbe Verwandlung wird bei gewöhnlicher Temperatur durch überschüssige Salzsäure hervorgerufen. Als eine Lösung von 0.5 g salzsaurem Glycylaminoacetal in 2 ccm 20prozentiger Salzsäure 2 Stunden bei Zimmertemperatur gestanden hatte, war die Wirkung auf FEHLINGsche Lösung sehr stark, und beim raschen Verdunsten der Flüssigkeit im Vakuumexsikkator über Natronkalk und Phosphorpentoxyd blieb eine amorphe, braun-

rote, in Wasser äußerst leicht, in absolutem Alkohol aber gar nicht lösliche Masse zurück, die ebenfalls die Fehlingsche Flüssigkeit in der Wärme sehr stark reduzierte. Diese Eigenschaft sowie die Verschiedenheit von dem salzsauren Aminoaldehyd, der in Alkohol löslich ist, deuten darauf hin, daß das Produkt Glycyl-glycinaldehyd enthält.

Bei den vielen Hunderten von optischen Bestimmungen, die im hiesigen Institut bei den Aminosäuren und Polypeptiden ausgeführt werden mußten, lasse ich schon seit Jahren, wenn das Material knapp ist, Röhren von 5—10 cm Länge benutzen, die nur 1—2 ccm Inhalt haben, so daß die ganze Operation mit 0.1 bis 0.2 g Substanz, von der man übrigens den größten Teil zurückgewinnt, durchgeführt werden kann. In neuerer Zeit habe ich die Gefäße so verkleinert, daß man mit dem zehnten Teil obiger Quantität auskommt. Das von der Firma Schmidt & Haensch in Berlin gelieferte Polarisationsrohr von 5 cm Länge hat einen inneren Durchmesser von ungefähr 1.5 mm und faßt nicht mehr als 0.1 ccm. Als Pyknometer benutze ich die gewöhnliche Form, aber so verkleinert, daß das Gefäß ebenfalls nur 0.1 ccm enthält. Es ist in Fig. 1 in natürlicher Größe abgebildet. Fig. 2 stellt das Gefäß dar, in welchem die Substanz und Flüssigkeitsmenge abgewogen und die Lösung durch Umschütteln oder durch Umrühren mit einem zu einer Öse umgebogenen Platindraht hergestellt wird. Die Überführung der Flüssigkeit in das Pyknometer und das Polarisationsrohr, sowie umgekehrt, geschieht mit einem engen Glasrohr, das zu einer Kapillaren ausgezogen ist. Letztere muß so lang sein, daß sie bis auf den Boden des Polarisationsrohrs reicht. Die Wägungen müssen selbstverständlich mit einem empfindlichen Instrument ausgeführt werden. Ich benutze dafür eine Wage, welche bei einer Maximalbelastung von 10 g noch 0.05 mg zuverlässig angibt. Die Ablesungen sind bei Anwendung von weißem Licht (z. B. Gasglühlicht) leicht auszuführen. Die Abweichungen der einzelnen Ablesungen vom Mittel betrugen bei den folgenden Versuchen nicht mehr als 0.03°.


Fig. 1. *Fig. 2.*

0.02270 g Rohrzucker, gelöst in Wasser. Gesamtgewicht der Lösung 0.21855 g. d = 1.05. Drehung bei Gasglühlicht und 22° im $^1/_2$-dcm-Rohr 3.44° (±0.02) nach rechts. Mithin:

$$[\alpha]^{22°} = +63.1° (\pm 0.4)$$

0.00945 g Rohrzucker, gelöst in Wasser. Gesamtgewicht der Lösung 0.24300 g. d = 1.01. Drehung bei Gasglühlicht und 24° im $^1/_2$-dcm-Rohr 1.25° (± 0.03) nach rechts. Mithin:

$$[\alpha]^{24°} = +63.6° (\pm 1.5)$$

Zum Vergleich wurde eine Bestimmung mit einer 10 prozentigen Lösung im gewöhnlichen 2-dcm-Rohr ausgeführt.

0.7003 g Subst., gelöst in Wasser. Gesamtgewicht der Lösung 7.0669 g. d = 1.040. Drehung bei Gasglühlicht und 22° im 2-dcm-Rohr 13.21° (± 0.02) nach rechts. Mithin:

$$[\alpha]^{22°} = +64.1° (\pm 0.1)$$

Man sieht daraus, daß die Genauigkeit der Bestimmungen für orientierende Versuche völlig ausreicht.

Ebenso gute Resultate wurden erhalten mit homogenem Licht, das durch Spektralzerlegung von NERNST-Licht hergestellt war.

Durch private Mitteilung habe ich inzwischen erfahren, daß Hr. J. DONAU im Laboratorium des Hrn. F. EMICH in Graz ebenfalls Kapillarröhren für polarimetrische Beobachtungen benutzt und eine Mitteilung darüber am 5. März d. J. der Wiener Akad. d. Wiss. übergeben hat. Hr. EMICH war so gütig, mir vor einigen Tagen einen Sonderabdruck dieser Mitteilung, die noch nicht öffentlich erschienen ist, zur Verfügung zu stellen. Ich ersehe daraus, daß Hr. DONAU mit Erfolg Kapillarröhren aus schwarzem Glase von 0.4—0.5 mm verwendet und dann bei einer Länge von 5 cm auch das gewöhnliche Natriumlicht, das man mit einer BUNSEN-Flamme herstellt, verwenden kann. Hr. DONAU hat sich begnügt, die Verwendbarkeit solcher Kapillaren für polarimetrische Zwecke gezeigt zu haben, ohne die Herstellung von Lösungen und die Bestimmung des spezifischen Gewichtes in demselben kleinen Maßstabe durchzuführen.

Das praktische Bedürfnis, das mir näher lag, hatte mich veranlaßt, das Verfahren, welches ich als »Mikropolarisation« bezeichnen möchte, in allen Einzelheiten durchzuarbeiten; es schien mir deshalb zweckmäßig, trotz der Publikation von DONAU, meine Erfahrungen hier mitzuteilen.

Bei obigen Versuchen bin ich von den HH. Dr. WALTER AXHAUSEN und Dr. ADOLF SONN unterstützt worden. Der erste hat die Tyrosinderivate und die Mikropolarisation, der zweite das Glycylaminoacetal bearbeitet. Ich sage beiden Herren für die wertvolle Hilfe besten Dank.

Über die Spektra des Sauerstoffs (Doppler-Effekt bei Kanalstrahlen).

Von Prof. J. Stark
in Greifswald.

(Vorgelegt von Hrn. Planck.)

§ 1. Einleitung. — Die Lichtemission der Kanalstrahlen in Sauerstoff wurde bereits von K. Siegl[1] und von F. Paschen[2] untersucht. K. Siegl gab an, daß er bei mehreren Serienlinien des Sauerstoffs den Doppler-Effekt an den Kanalstrahlen beobachtete, während er über das Auftreten dieses Effektes bei den Funkenlinien des Sauerstoffs nichts mitteilte. F. Paschen dagegen fand, daß der Doppler-Effekt bei Kanalstrahlen an den Funkenlinien dieses Gases leicht zu beobachten ist, und behauptete andererseits, daß der Doppler-Effekt bei den Serienlinien nicht auftrete. Er führte dieses negative Resultat als Widerspruch gegen die von mir gezogene Verallgemeinerung an, daß die Serienlinien positive Atomionen zu Trägern haben und darum in den Kanalstrahlen den Doppler-Effekt zeigen müssen. Bei aller Wertschätzung der wichtigen spektralanalytischen Untersuchungen des Hrn. Paschen über die Kanalstrahlen wandte[3] ich mich gegen die theoretische Verwertung seines negativen Resultats über die Serienlinien und berief mich auf das positive Resultat des Hrn. Siegl; ich vermutete nämlich, daß Hr. Siegl mit größerer Intensität auf der photographischen Platte arbeitete als Hr. Paschen, insbesondere da ersterer über einen lichtstarken Prismenspektrographen verfügte. Daraufhin

[1] K. Siegl, Wien. Ber. 116, 129, 1907.
[2] F. Paschen, Ann. d. Phys. 23, 261, 1907.
[3] J. Stark, Ann. d. Phys. 23, 798, 1907.

focht Hr. PASCHEN[1] die Resultate des Hrn. SIEGL an und kam beim Vergleich der beiderseitigen Angaben zu dem Schluß, daß Hr. SIEGL möglicherweise fremde Linien mit Serienlinien verwechselt habe. Da auf diese Kritik Hr. SIEGL schwieg, scheint er sie wohl als berechtigt anzuerkennen. Und obzwar es mir gelungen ist, wie vorweg bemerkt sei, bei drei Serienlinien des Sauerstoffs den DOPPLER-Effekt zu beobachten, so muß nunmehr auch ich der Kritik des Hrn. PASCHEN mich anschließen. Der DOPPLER-Effekt ist an den Serienlinien selbst unter sehr günstigen Umständen nur in geringer Intensität zu beobachten; ich halte es darum für ausgeschlossen, daß ihn Hr. SIEGL bei den ungünstigen Bedingungen erhielt, unter denen er arbeitete. In allen Punkten, in denen eine Differenz zwischen den beiden Autoren besteht, kann ich auf Grund eigener Beobachtungen Hrn. PASCHENS Angaben bestätigen. Die Farbe der Kanalstrahlen in Sauerstoff ist nicht weiß, wie Hr. SIEGL behauptet, sondern sie ist, wie Hr. PASCHEN angibt, bei höherem Druck fleischrot und erhält mit sinkendem Druck und steigendem Kathodenfall einen Stich ins Blaue. Hr. SIEGL scheint mehr Verunreinigungen als Sauerstoff in seiner Röhre gehabt zu haben; in diesem Falle erklärt sich seine Angabe, daß die Aluminiumkathode stark zerstäubte; ich habe nämlich mit nahezu reiner Sauerstoffüllung gearbeitet und selbst nach 30 Stunden intensiven Betriebs der Röhre nur eine geringe Zerstäubung der Elektroden beobachtet. Auch hatte ich mit den Kanalstrahlenröhren von der Form, die ich ihnen bereits früher gab, im Gegensatz zu Hrn. SIEGL gar keine Schwierigkeit; keine der von mir benutzten Röhren wurde durch die Entladung zerstört, selbst nicht nach einem Betrieb von 60 Stunden und bei starker Erwärmung durch die Kathoden- und Kanalstrahlen.

Nach der vorstehenden Erledigung der Differenz zwischen Hrn. PASCHEN und Hrn. SIEGL kehre ich zu dem Ausgangspunkt der nachstehenden Untersuchungen zurück. Das Resultat des Hrn. PASCHEN, daß die Serienlinien des Sauerstoffs keinen DOPPLER-Effekt in den Kanalstrahlen zeigen, schien die erste Ausnahme von einer Regel zu sein, die sich bereits in mehreren Fällen bestätigt hatte. Eine sorgfältige Nachprüfung dieses Resultates erschien darum wünschenswert. Dazu kam für mich, daß in spektralanalytischer Hinsicht der Sauerstoff vielleicht das interessanteste Element ist. Wie C. RUNGE und F. PASCHEN[2] gefunden haben, besitzt der Sauerstoff zwei Nebenserien von Paren und zwei Nebenserien von Triplets. Dazu haben sie mit Hilfe der RYDBERGschen Formeln gezeigt, daß gewisse starke Linien wahrschein-

[1] F. PASCHEN, Ann. d. Phys. **23**, 997, 1907.
[2] C. RUNGE und F. PASCHEN, WIED. Ann. **61**, 641, 1897.

lich die ersten Glieder einer Hauptserie von Triplets, andere die ersten Glieder einer Hauptserie von Duplets darstellen. Außer diesem reichen Serienspektrum besitzt Sauerstoff ein linienreiches Spektrum, das im kondensierten Funken in großer Intensität erscheint, während dann das Serienspektrum nur wenig intensiv ist. Außer diesen zwei Linienspektren sind dem Sauerstoff zwei verschiedene Bandenspektra eigen; das eine, das »negative« Bandenspektrum, wird von der negativen Glimmschicht emittiert und erstreckt sich von Blaugrün bis zu Rot; das andere, das »positive« Bandenspektrum, wird von der positiven Lichtsäule emittiert und liegt im äußersten Ultraviolett.

§ 2. Apparate und Methoden. — Das negative Resultat des Hrn. Paschen an den Serienlinien des Sauerstoffes ließ mich von vornherein erwarten, daß der Doppler-Effekt bei diesen Linien, wenn er überhaupt vorhanden ist, nur eine geringe Intensität besitzt. Ein positiver Erfolg war nur von einer großen Intensität der Spektrallinien auf der photographischen Platte zu erhoffen, also von großer Reinheit der Gasfüllung, großer Stromstärke, langer Exposition und vor allem von großer Lichtstärke des verwendeten Spektrographen.

Es stand mir ein Spektrograph zur Verfügung, der speziell für die Untersuchungen an Kanalstrahlen nach meinen Angaben und Vorschlägen von Hrn. Löwe von der Firma Zeiß in hervorragend guter Ausführung gebaut wurde. Auf einer großen massiven gußeisernen Platte sind bei diesem Apparat dicke eiserne Träger für das Kollimatorrohr, den Prismentisch und die Kamera fest montiert; diese stabile Aufstellung der Teile des Spektrographen macht ihn unempfindlich gegen schwache Erschütterungen und ermöglicht lange Expositionen ohne Beeinträchtigung der Schärfe der Abbildung. Sein Kollimator- und Cameraobjektiv besitzen das Öffnungsverhältnis 1:6.5, einen Durchmesser von 50 mm, eine Brennweite von 305 mm; das Kollimatorobjektiv ist dreiteilig, das Kameraobjektiv ein Apochromatplanar. Der symmetrische Mikrometerspalt hat eine Höhe von 14 mm. Das Prisma ist ein Kompoundprisma aus Flintglas ($n_F = 1.68$) und Kronglas ($n_F = 1.47$); die Winkel sind für senkrechten Eintritt und nahezu senkrechten Austritt der Lichtstrahlen bemessen; seine Höhe beträgt 50 mm. Ich verwendete den Spektrographen in zwei verschiedenen Einstellungen; die eine liefert das Gebiet von λ 4050 bis λ 6700 scharf, die andere das Gebiet von λ 3800 bis λ 4070. Bei der gewählten Einstellung beträgt die Dispersion 13 Å bei λ 6600, 4.4 Å bei λ 5000, 2.6 Å bei λ 4400, 1.12 Å bei λ 3900 auf 0.1 mm der photographischen Platte. Die geringe Dispersion oberhalb λ 4700 macht den Spektrographen zur Untersuchung von Doppler-Effekten, die kleiner sind als 2 Å, ober-

halb dieser Wellenlänge ungeeignet. Dagegen liegt in seiner mäßigen Dispersion unterhalb λ 4700 ein Vorteil für die Untersuchung des Doppler-Effektes bei Kanalstrahlen. Dieser stellt nämlich ein Stück kontinuierliches Spektrum dar; unter sonst gleichen Umständen ist darum seine Intensität auf der photographischen Platte umgekehrt proportional der Dispersion.

Die Spaltweite betrug bei allen Aufnahmen 0.02 mm; bei einer wurde, ohne daß indes ein Vorteil erzielt worden wäre, die Spaltweite auf 0.01 mm erniedrigt. Um zu verhüten, daß infolge einer Variation der Temperatur die abgebildeten Linien unscharf wurden, hielt ich während der ganzen Expositionsdauer (4—8 Stunden) die am Spektrographen abgelesene Temperatur bis auf 0.5° konstant, indem ich warme oder kalte Luft in den Arbeitsraum treten ließ. Zur Entwicklung der photographischen Platten benutzte ich Glycin von normaler Konzentration; sie dauerte eine halbe Stunde bei völliger Dunkelheit.

Zu den Aufnahmen des ultravioletten Sauerstoffspektrums wurde ein kleiner Fueßscher Quarzspektrograph mit einem Cornu-Prisma verwendet. Er besitzt einfache Quarzobjektive von 150 mm Brennweite für Na-Licht; seine Metallkassette ist gewölbt und muß stark gegen die Achse des Kameraobjektivs geneigt werden.

Als Stromquelle diente ein großes Induktorium; dieses wurde mit Wechselstrom von 80—100 Perioden in der Sekunde betrieben. Die Stromstärke in der Kanalstrahlenröhre wurde so groß gewählt, daß da, wo die Kathoden- und Kanalstrahlen auffielen, das Glas infolge der starken Erwärmung bereits etwas zu erweichen begann.

Die 47 mm weiten Röhren hatten die bereits früher von mir benutzte Form. Die Stirnflächen der beiden Elektroden aus Aluminium waren bis auf 6 mm Abstand vom Rand mit zahlreichen 0.75 mm weiten Löchern versehen. Die Länge des Raumes hinter den Kathoden, in dem die Kanalstrahlen verliefen, variierte zwischen 5 und 9 cm. Zu den Beobachtungen über die Lichtemission des Sauerstoffs im Ultraviolett dienten Röhren von der Form der gewöhnlichen Geisslerschen Röhren; die eine war aus gewöhnlichem Glas, mit ihr wurde das Spektrum bis λ 3020 erhalten, ihr kapillarer Teil hatte eine Weite von 2 mm, ihre Elektroden waren dicke eingeschmolzene Platindrähte; die andere Röhre war aus Quarzglas von Heraeus, ihr kapillarer Teil hatte ebenfalls eine Weite von 2 mm, die Elektroden waren 2 mm dicke in großem Abstand von den Elektrodengefäßen eingekittete Aluminiumdrähte.

Zur Füllung der Kanalstrahlenröhren diente käuflicher Sauerstoff aus einer Bombe. Seine Reinheit war zufällig eine große; er enthielt

nur wenig Stickstoff, so daß von diesem selbst die stärksten Banden nur in geringer Intensität erschienen. Die Anwesenheit dieser Spur Stickstoff störte nicht, da keine Linie oder Bande des Stickstoffs in die unmittelbare Nähe einer untersuchten Sauerstofflinie fiel. Bei der Untersuchung der Sauerstofflinie λ 3947 war mir das Auftreten der negativen Stickstoffbande bei λ 3914 deswegen erwünscht, weil mir die Schärfe ihrer Linien eine Garantie dafür bot, daß nicht infolge von Erschütterungen oder einer Variation der Temperatur die Linie 3947 unscharf wurde. Zur Füllung der Geissler-Röhren, welche zur Untersuchung des ultravioletten Spektrums dienten, wurde Sauerstoff verwendet, der aus Kaliumchlorat (Zusatz Braunstein) durch Erhitzen hergestellt war.

Zur Evakuation der Röhren diente eine Gaede-Pumpe mit Motorantrieb; ihr Vorvakuum wurde mit einer kleinen Ölluftpumpe hergestellt. Die Pumpe wurde mit den Röhren bei niedrigem Druck nicht in Kommunikation gelassen, und im allgemeinen floß ein schwacher Gasstrom in die Pumpe. Aus diesen Gründen konnte kein Quecksilberdampf in die Röhren gelangen.

Die Röhren wurden vor dem Beginn der Expositionen sorgfältig gereinigt, indem sie längere Zeit bei intensiver Erwärmung durch den Strom mit Sauerstoff gespült wurden. Durch okulare spektralanalytische Beobachtung wurde der Fortschritt der Reinigung kontrolliert. Diese wurde so lange fortgesetzt, bis im Spektrum der Kanalstrahlen die rote und blaugrüne Wasserstofflinie vollständig verschwanden, bis das Kanalstrahlenbündel seine fleischrote bis bläulich rosarote Färbung, die negative Glimmschicht ihr schwaches, eigentümlich grüngelbes Licht bei niedrigem Druck dauernd beibehielten. Erst dann begannen die langfristigen Expositionen. Wie bereits Paschen mitteilte, tritt in Sauerstoff die Erscheinung der Selbstevakuation, das Verschwinden des Gases bei Stromdurchgang, ganz besonders stark auf. Aus diesem Grunde mußte ich alle 3—5 Minuten frischen Sauerstoff einlassen, um zu verhüten, daß die Länge des Kathodendunkelraums die von mir zugelassene Länge überschritt; auf der Glaswand in der Nähe der Kathode hatte ich nämlich mit Tinte Marken angebracht, von denen die eine zur Festlegung einer oberen, die andere zur Festlegung einer unteren Grenze für die Länge des Kathodendunkelraums diente; bis die untere Grenze erreicht war, wurde frisches Gas eingelassen; bis die obere erreicht war, durfte die Selbstevakuation wirksam sein. Außer den vorstehenden Operationen wurde während der langfristigen Expositionen alle halben Stunden frischer Sauerstoff bis zu etwa 1 mm Druck eingelassen und dann bei unterbrochenem Strom bis zu niedrigem Druck abgepumpt, so daß die Verunreinigungen, die sich

während des halbstündigen Betriebes angesammelt haben mochten, fortgespült wurden.

Durch das eben beschriebene Verfahren wurde erreicht, daß auf den Spektrogrammen, welche ich an den Kanalstrahlenröhren aufnahm, keine Wasserstoff-, Quecksilber- oder Kohlenstofflinie erschien; neben den Sauerstofflinien sind in geringer Intensität lediglich die stärksten Stickstofflinien und die Kanten der stärksten Stickstoffbanden sichtbar, ferner die Aluminiumlinien λ 3962 und λ 3944.

Außer vier vorbereitenden Aufnahmen zur Orientierung gewann ich folgende brauchbare Aufnahmen von dem Spektrum der Kanalstrahlen für den Fall, daß diese im Visionsradius auf den Kollimator zuliefen.

1.	Spektrogramm,	Dunkelraum	0.6—1.6	cm,	6	Stunden Exposition.
2.	»	»	1.6—4	»	6	» »
3.	»	»	4.5—6.3	»	4	» »
4.	»	»	3.7—4.7	»	7	» »
5.	»	»	4.6—6.5	»	7	» »
6.	»	»	3.5—4.5	»	7	» »
8.	»	»	4—4.5	»	7	» »

Bei Spektrogramm 1 und 2 war die Achse des Kollimators ein wenig gegen die Achse des Kanalstrahlenbündels geneigt, so daß ihre Verlängerung gerade den nicht durchlöcherten Rand der Kathode traf und darum kein Licht aus der negativen Glimmschicht in den Spalt gelangen konnte. Bei den übrigen Spektrogrammen waren die beiden Achsen nach Möglichkeit zur Koinzidenz gebracht. Das Ende der Röhre, auf das die Kanalstrahlen fielen, befand sich unmittelbar vor dem Spalt; ein Kondensor wurde also nicht angewandt. Außer den obigen Spektrogrammen wurden noch folgende Spektrogramme von Sauerstoff gewonnen.

9. Spektrogramm von der negativen Glimmschicht, Dunkelraum 0.5—0.8 cm.
10. Spektrogramm von der negativen Glimmschicht, Dunkelraum 0.5—0.8 cm.
11. Spektrogramm von der negativen Glimmschicht, Dunkelraum 0.7—1.3 cm.

12.—14. Spektrogramm von der positiven Säule, 30 mm Druck, Funke mit Kondensator.

15.—16. Spektrogramm von der positiven Säule, 5 mm Druck, Funke mit Kondensator.

17.—19. Spektrogramm von der positiven Säule, 5 mm Druck, starker Strom ohne Funke.

Die Spektrogramme 1 und 9 wurden auf sensibilisierten Platten (Panchromatic) von Wratten & Wrainright, alle übrigen auf extra rapiden Agfaplatten gewonnen. Die Exposition bei den Spektrogrammen 9, 10 und 11 betrug 4—5 Stunden, bei den Spektrogrammen 12—19 nur 0.5—5 Minuten.

Zu den Aufnahmen mit dem kleinen Quarzspektrographen wurden Agfaplanfilms verwendet und mit Edinol entwickelt. Nachdem die Exposition mit der positiven Säule in Sauerstoff gemacht war, wurde die Mitte des Spaltes abgedeckt, darauf seinem offenen unteren und oberen Teile 0.5 Minuten lang das Licht einer Quecksilberlampe aus Quarzglas zugesandt; auf diese Weise wurden in das obere und untere Drittel des Sauerstoffspektrums die Quecksilberlinien als Bezugslinien geworfen. Ich hatte bei diesen Aufnahmen viel mit Schwierigkeiten zu kämpfen; dazu kam die Beeinträchtigung der Schärfe der Linien infolge der Wölbung der Films; ich gewann aus diesem Grunde nur 4 einigermaßen befriedigende Spektrogramme von dem ultravioletten Sauerstoffspektrum. Allerdings haben diese Aufnahmen mit der Untersuchung des Doppler-Effektes bei Kanalstrahlen direkt nichts zu tun.

Nach Beendigung der Exposition an den einzelnen Kanalstrahlenröhren, die alle den gleichen Durchmesser besaßen, wurde zu den einzelnen Röhren ein Funkenmikrometer parallel geschaltet; dessen Zinkkugeln und die Luft zwischen ihnen wurden mit Hilfe eines Poloniumpräparates zur Beseitigung des Entladeverzuges bestrahlt; die Zinkpole wurden gleichzeitig langsam einander so weit genähert, bis bei der betreffenden Dunkelraumlänge der Funke zwischen ihnen überzuspringen begann. Auf diese Weise wurden für eine Reihe von Dunkelraumlängen (Tabelle I) die zugehörigen Schlagweiten ermittelt, und mit Hilfe von Beobachtungen Paschens[1] über die Funkenspannung bei kleiner Schlagweite wurden dann die zugehörigen Werte des Kathodenfalls durch Interpolation berechnet.

Tabelle I.

Dunkelraum cm	Schlagweite mm	Kathodenfall Volt
1	0.45	2643
2	0.8	4020
3	1.4	6921
4	2.2	8919
5	3.0	11677

[1] F. Paschen, Wied. Ann. 37, 79, 1889.

§ 3. Der Doppler-Effekt bei den Funkenlinien. — Wie schon erwähnt wurde, hat bereits Paschen den Doppler-Effekt bei den sogenannten Funkenlinien des Sauerstoffs an den Kanalstrahlen beobachtet. Ich habe ihn ebenfalls an diesen Linien auf allen Spektrogrammen von den Kanalstrahlen beim Verlauf im Visionsradius erhalten. Die folgende Tabelle vereinigt diejenigen Funkenlinien, welche den Doppler-Effekt auf meinen Spektrogrammen zeigen.

Tabelle II.

Wellenlänge	Intensität	Wellenlänge	Intensität
3955	2	4348	2
3973	4	4350	2
3983	3	4352	2
4070	6	4415	6
4072	6	4417	6
4076	6	4592	5
4120	3	4597	5
4186	4	4639	4
4191	5	4642	7
4318	2	4650	8
4320	3	4651	6
4346	2	4662	6

Diese Tabelle enthält sämtliche Linien, an denen Paschen den Doppler-Effekt beobachtete, und außerdem noch die Linien λ 3955 und λ 3983. Über die Linie λ 3955 äußert Paschen folgende Vermutung: »Die starke Linie 3954.8 des Runge-Paschenschen Verzeichnisses der Linien des Sauerstoffspektrums, welche aber keiner der vermuteten oder gefundenen Serien angehört, ist im Kanalstrahlenlichte sehr schwach und gehört daher wohl nicht zum Serienspektrum.« Diese Vermutung Paschens wird durch meine Beobachtungen als richtig erwiesen. Die Linie 3955 zeigt nämlich auf meinen Spektrogrammen den Doppler-Effekt in derselben Intensität, Art und Größe wie die Funkenlinien des Sauerstoffs; sie gehört darum zweifellos zu diesen Linien, nicht zu den Serien.

Die Doppler-Effekte der Linien der Tabelle II zeigen alle die gleiche maximale Größe und das gleiche Aussehen, soweit die variable Dispersion im prismatischen Spektrum einen Vergleich zuläßt; außerdem ist bei allen Linien das Verhältnis der bewegten zur ruhenden Intensität angenähert das gleiche; für 8920 Volt Kathodenfall ist es ungefähr 1.5 bis 2. An denjenigen Linien der Tabelle III, welche die genauesten Messungen zuließen, habe ich den maximalen Doppler-

Effekt ($\Delta\lambda_m$) gemessen und daraus die entsprechende maximale Geschwindigkeit $v_m = 3 \cdot 10^{10} \frac{\Delta\lambda_m}{\lambda}$ berechnet. Der mittlere Wert des Kathodenfalls V, welcher diese maximale Geschwindigkeit der Kanalstrahlen (im Mittel $v_m = 3.2 \cdot 10^7$ cm. sec^{-1}) erzeugte, betrug 8920 Volt.

Tabelle III.

Wellenlänge	$\Delta\lambda_m$	Geschwindigkeit v_m
3973.7	2.81	$2.12 \cdot 10^7$ cm · sec^{-1}
4070.7	3.10	2.29 "
4119.8	3.38	2.46 "
4186.5	3.52	2.52 "

Macht man die Annahme, daß die Träger dieser Linien den Kathodenfall ganz und ohne Zusammenstoß durchliefen und auch hinter der Kathode keine kinetische Energie auf irgendeine Weise einbüßten, so berechnet sich ihr Verhältnis von elektrischer Ladung zur Masse gemäß der Gleichung $\frac{\varepsilon}{\mu} = \frac{v_m^2}{2 \cdot V} = \frac{\Delta\lambda_m^2 \cdot 3^2 \cdot 10^{20}}{2 \cdot V \cdot \lambda^2}$ zu 574 magnetischen Einheiten. Für ein einwertiges Sauerstoffatomion, d. h. ein Sauerstoffatom, welches ein negatives Elektron verloren hat, besitzt $\frac{\varepsilon}{\mu}$ den Wert 600. Man könnte nun geneigt sein, wie es Paschen (seine Werte für $\frac{\varepsilon}{\mu}$ liegen zwischen 546 und 180) getan hat, zu folgern, daß der Träger der Funkenlinien des Sauerstoffs ein einwertiges positives Sauerstoffion sei. Indes halte ich diese Folgerung nicht für richtig. Jene Annahme über die Erhaltung der kinetischen Energie der Kanalstrahlen entspricht nämlich nicht den Tatsachen; indem die Kanalstrahlen das Gas durchlaufen und Licht ausstrahlen, verlieren sie notwendig kinetische Energie. Ich habe bereits für den Fall[1] des Wasserstoffs gezeigt, daß die wirkliche maximale kinetische Energie der Kanalstrahlen immer um 30—60 Prozent kleiner ist, als dem wirkenden Kathodenfall entspricht. Würden wir demnach annehmen, daß im vorliegenden Falle die wirkliche maximale kinetische Energie der Kanalstrahlen nur einem Drittel des Kathodenfalls entspricht, so erhielten wir für den Träger der Funkenlinien des Sauerstoffs den Wert $\frac{\varepsilon}{\mu} = 1722$, und daraus würde folgen, daß er ein zweiwertiges oder dreiwertiges positives Sauerstoffion ist. Aber auch diese An-

[1] J. Stark, Ann. d. Phys. 21, 415, 1906.

nahme wird vielleicht noch nicht den wirklichen Verhältnissen gerecht. Es ist möglich, daß die wirkliche maximale kinetische Energie der Träger der Funkenlinien noch beträchtlich kleiner ist als ein Drittel des Kathodenfalls. Denn das Sauerstoffatom besitzt einerseits eine 16mal größere Masse als das Wasserstoffatom; die Kanalstrahlen in Sauerstoff werden darum häufiger als in Wasserstoff mit neutralen Gasmolekülen zusammenstoßen; andererseits besitzt Sauerstoff eine viel größere Anzahl von Linien, welche eine beträchtliche bewegte Intensität haben; nach den Darlegungen, die ich an anderer Stelle[1] gemacht habe, ist zu erwarten, daß die Kanalstrahlen, welche die Funkenlinien des Sauerstoffs emittieren, stärker durch die Ausstrahlung verzögert werden als die Wasserstoffkanalstrahlen. Über die Träger der Funkenlinien des Sauerstoffs läßt sich darum vorderhand nur das eine mit Sicherheit behaupten, daß sie positive Atomionen sind, die mehr als einwertig sind, also Sauerstoffatome, die mehr als ein negatives Elektron verloren haben.

Vergleicht man die Funkenspektrogramme der positiven Säule (Spektrogramme 12—16) mit den Spektrogrammen der Kanalstrahlen, so findet man folgendes: alle oben angeführten Funkenlinien, welche den Doppler-Effekt intensiv zeigen, sind im Funkenspektrum intensiv und scharf. Außer ihnen kommen im Funkenspektrum noch zahlreiche andere Linien vor, die verbreitert und diffus sind. Diese diffusen Funkenlinien sind im Kanalstrahlenlichte wenig intensiv; über ihren Doppler-Effekt gestatten meine Spektrogramme keine sichere Aussage; wenn sie dem Sauerstoff angehören, wie es wahrscheinlich ist, gehören sie jedenfalls zu einer anderen Gruppe von Linien als die scharfen Funkenlinien.

§ 4. Die Zugehörigkeit von λ 4368 und λ 3947 zu den Serien. — C. Runge und F. Paschen haben mit Hilfe der bekannten Rydbergschen Formeln aus den Konstanten der zweiten Nebenserie von Triplets des Sauerstoffs die ersten Glieder einer zu erwartenden Hauptserie von Triplets berechnet, sie fanden für die stärksten Komponenten die Schwingungszahlen 12042 und 24379. In der Tat liegen nun bei den etwas größeren Schwingungszahlen 12863 und 25326 intensive Triplets von den Wellenlängen λ 7770 und λ 3947. Runge und Paschen vermuten darum, daß sie hiermit eine Hauptserie von Triplets aufgefunden haben; dieses Resultat darf als Tatsache an sich und als Bestätigung der von Rydberg aufgestellten Relationen ein hervorragendes Interesse beanspruchen. Für die zwei folgenden Glieder dieser Triplethauptserie berechneten Runge und Paschen die Wellenlängen 3334 und 3117. Sie bemerken dazu a. a. O. S. 666:

[1] J. Stark, Physik. Zeitschr. 8, 913, 1907.

»Diese Linien haben wir nicht gefunden. Es kann aber sein, daß der Abfall der Intensität, der in allen Hauptserien stärker ist als in den Nebenserien, hier so groß wird, daß die fraglichen Linien für unsere Expositionen noch nicht merklich sind. Freilich hat 3947 noch so große Energie, daß wir weitere Linien auch bei den angewendeten Expositionen erwartet hätten.« Nun haben Runge und Paschen ihre Sauerstoffspektrogramme an einer Geisslerröhre mit Längsdurchsicht aufgenommen, das Licht der emittierenden Kapillare mußte eine ziemlich lange Strecke im verdünnten durch die Entladungen ozonisierten Sauerstoff zurücklegen, bis es durch das Quarzfenster austrat. Das in der Geisslerröhre vorhandene Ozon konnte darum die ultravioletten Emissionslinien der Kapillare zum Teil absorbieren; denn nach E. Ladenburg und E. Lehmann[1] reicht bei großer Konzentration die vollkommene Absorption des Ultraviolett durch Ozon bis λ 3388. Aus diesem Grunde erschien es wünschenswert, einmal die ultraviolette Emission des Sauerstoffs für den Fall zu untersuchen, daß das emittierte Licht nur eine ganz kurze Strecke im ozonisierten Sauerstoff zurückzulegen hat. Dies war ein Grund, weshalb ich mit dem kleinen Quarzspektrographen die bereits erwähnten Aufnahmen an der positiven Lichtsäule in Sauerstoff machte. Die Kapillare der Geisslerröhre stand hierbei parallel dem Spalt und dicht vor ihm. Der Druck in den Röhren variierte zwischen 5 und 50 mm, parallel zum Induktorium war eine Kapazität, vor die Röhre eine Funkenstrecke geschaltet; Druck und Stärke der Entladung waren so gewählt, daß bei okularer Beobachtung die Tripletserien intensiv erschienen. Auf den erhaltenen besten Spektrogrammen sind neben den Sauerstofflinien die Serienlinien des Wasserstoffs, die sogenannten ultravioletten Wasserdampfbanden, die Kohlenstofflinie 2479 und in geringer Intensität die Siliziumlinien λ 2514, λ 2516 und λ 2519 sichtbar. In der nachstehenden Tabelle IV sind alle Linien, außer den genannten, eingetragen, welche auf den Spektrogrammen unterhalb λ 3750 sichtbar sind.

Tabelle IV.

Wellenlänge	Intensität	Wellenlänge	Intensität
3112	1	3408	5
3270	1	3473	8
3287	3	3713	3
3310	2	3727	3
3365	1	3750	5
3390	1		

[1] E. Ladenburg und E. Lehmann, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 7, 130, 1907.

Wie man sieht, liegen in der Nähe der von RUNGE und PASCHEN berechneten Wellenlängen λ 3334 und λ 3117 etwas unterhalb derselben zwei Linien, nämlich λ 3310 und λ 3112; dazu sei bemerkt, daß die Spektrogramme außerdem in großer Intensität die Linie 3947 zeigen. Damit ist die Wahrscheinlichkeit gewachsen, daß die Linien λ 7770 und λ 3947 in der Tat den Anfang einer Triplethauptserie darstellen, deren folgende Glieder bei λ 3310 und λ 3112 liegen. Die Entscheidung hierüber kann freilich erst durch eine verbesserte Untersuchung mit größerer Dispersion gebracht werden, welche zeigt, daß die Linien λ 3310 und λ 3112 in Wahrheit Triplets sind.

Da es mir gelang, gerade an den von RUNGE und PASCHEN für Hauptserienlinien erklärten Linien λ 4368 und λ 3947 den DOPPLER-Effekt in den Kanalstrahlen nachzuweisen, so ist die Feststellung wichtig, daß diese Linien mit den Nebenserien verkoppelt sind. Diese Feststellung möchte ich weniger in der Auffindung weiterer Glieder der Hauptserien als vielmehr in folgenden Tatsachen sehen. Die Intensität der Linien λ 4368 und λ 3947 verändert sich proportional der Intensität der Nebenserien, nicht proportional der Intensität der Funkenlinien (vgl. § 7). Die zwei Linien verbreitern sich ebenso wie die Linien der Nebenserien bei Steigerung des Gasdruckes; sie zeigen nicht einen so intensiven DOPPLER-Effekt wie die Funkenlinien, sondern einen so wenig intensiven wie das Triplet λ 4773 der ersten Nebenserie.

§ 5. Der DOPPLER-Effekt bei den Serienlinien λ 4773, λ 4368 und λ 3947. — Die intensivsten Triplets und Duplets der Nebenserien des Sauerstoffs liegen im Roten, Gelben und Grünen. Nun ist aber in diesem Gebiet die Dispersion des mir zur Verfügung stehenden Spektrographen für die Untersuchung eines DOPPLER-Effektes von 3 Å unzureichend. Es blieben mir darum lediglich das noch ziemlich intensive Triplet der ersten Nebenserie bei λ 4773, die von RUNGE und PASCHEN als ein Glied einer Duplethauptserie angesprochene Linie λ 4368 und die Triplethauptserienlinie λ 3947 zur Untersuchung auf den DOPPLER-Effekt bei den Kanalstrahlen übrig. Diese 3 Linien, besonders 4368 und 3947, besitzen einerseits eine große Intensität und liegen anderseits in Gebieten ausreichender Dispersion des mir zur Verfügung stehenden Spektrographen. Die Komponenten dieser zusammengesetzten Linien erscheinen auf meinen Spcktrogrammen nicht getrennt; aus diesem Grunde seien sie hier kurz als Linien bezeichnet.

Die Linie λ 4773 erscheint auf 2 Spektrogrammen von der negativen Glimmschicht und auf dem 1. Spektrogramm von den Kanalstrahlen bei kleinem Kathodenfall auf ihren beiden Seiten scharf und in ihrer ganzen Breite gleichmäßig dunkel. Auf den Spektrogrammen

von den Kanalstrahlen bei großem Kathodenfall (Verlauf im Visionsradius) erscheint sie dagegen verbreitert und unscharf, und zwar ist ihr brechbarerer Rand unschärfer als ihr roter; ferner ist ihre brechbarere Hälfte intensiver als ihre andere. Nach einem sorgfältigen Vergleich aller in Betracht kommenden Spektrogramme unterliegt es für mich keinem Zweifel, daß diese Differenz im Aussehen der Linie, Unschärfe des brechbareren Randes und größere Intensität in der brechbareren Hälfte aus dem Auftreten eines Doppler-Effektes auf der brechbareren Seite der Linie sich erklärt. Die Größe des Effektes ist infolge der unzureichenden Dispersion in diesem Gebiete leider nicht meßbar.

Auf der brechbareren Seite der Linie 4368 liegt in 0.15 mm Abstand von ihr eine wenig intensive Linie, wie es scheint, eine zusammengesetzte Linie. Auf den Spektrogrammen von der negativen Glimmschicht sowie auf dem 1. Spektrogramm von den Kanalstrahlen bei kleinem Kathodenfall ist der Zwischenraum zwischen dieser Linie und λ 4368 hell; auf den Spektrogrammen von den Kanalstrahlen bei großem Kathodenfall ist er dagegen ziemlich stark geschwärzt, so daß die beiden Linien zusammengewachsen sind, und zwar ist auf diesen Spektrogrammen der nach Rot liegende Rand von λ 4368 vollkommen scharf, der brechbarere Rand dagegen verschwimmt auf den intensiveren Spektrogrammen in die sich anschließende Schwärzung bis zu jener Bandenlinie. Ein Vergleich der in Betracht kommenden Spektrogramme macht es sicher, daß diese Schwärzung auf der brechbareren Seite der Linie 4368 ein Doppler-Effekt ist. Da er mit der störenden erwähnten Linie verwachsen ist, so ist eine Messung seiner Größe leider nicht möglich. Wenn ich den Nachweis des Doppler-Effektes bei der Linie 4368 als gesichert betrachte, so habe ich auch auf einen zweiten störenden Umstand Rücksicht genommen. Dicht neben der Linie λ 4368.5 bei λ 4367.5 liegt nämlich eine schwache Funkenlinie. Deren ruhende Intensität ist indes in den Kanalstrahlen so gering, daß es ausgeschlossen ist, daß der relativ viel intensivere Doppler-Effekt von λ 4368 dieser Funkenlinie angehört.

Am deutlichsten tritt der Doppler-Effekt bei der Linie λ 3947 hervor. In einem Abstand von 0.24 mm folgt auf sie nach Ultraviolett zu die Aluminiumlinie λ 3944 und dicht vor dieser, indes kaum sichtbar, die Funkenlinie λ 3945. Auf den Spektrogrammen von der negativen Glimmschicht ist der Zwischenraum zwischen den zwei Linien λ 3947 und λ 3944 vollkommen klar, ebenso der nach Rot zu auf die Linie λ 3947 folgende Raum. Auf den intensiven Spektrogrammen von den Kanalstrahlen (Verlauf im Visionsradius) ist der Zwischenraum durch eine allerdings wenig intensive, aber deutliche Schwärzung zugedeckt.

Es ist ausgeschlossen, daß diese Schwärzung durch eine seitliche Strahlung der Aluminiumlinie λ 3944 bewirkt ist; der nach Rot zu liegende Raum hinter der noch stärkeren Aluminiumlinie λ 3962 ist nämlich vollkommen klar, und eine besonders intensive Kontrollaufnahme mit dem kondensierten Aluminiumfunken lieferte die beiden Linien λ 3944 und λ 3962 auf klarem Grunde ohne Überstrahlung. Leider läßt nun auch bei λ 3947 die Gegenwart der Linie λ 3944 eine genaue Messung des maximalen Doppler-Effekts und somit eine Berechnung der Geschwindigkeit des Trägers der Linie nicht zu. Ich versuchte wohl, ein Spektrogramm ohne die Aluminiumlinien zu erhalten, indem ich die Aluminiumelektroden durch Messingelektroden ersetzte. Obwohl ich diesen Versuch an zwei Röhren machte, erzielte ich doch keinen Erfolg; die Zerstäubung des Messings in Sauerstoff ist nämlich sehr stark; sie hatte schon während der mühsamen Reinigung der Röhren statt und war noch stärker während der Exposition. Nachdem die Zerstäubung beträchtlich vorgeschritten war, sprang der starke Entladungsstrom auf den Belag der Glaswand über und brachte diese zum Springen. Mit der einen Röhre erzielte ich eine Expositionsdauer von 1 Stunde, mit der anderen nur von 0.5 Stunden; nötig aber wäre eine Expositionsdauer von mindestens 4 Stunden gewesen.

Gemäß dem Vorstehenden kann der Nachweis als gesichert gelten, daß auch die Serienlinien des Sauerstoffs in den Kanalstrahlen den Doppler-Effekt zeigen; über dessen maximale Größe wissen wir indes nur so viel, daß sie diejenige des Effektes bei den Funkenlinien nicht überschreitet.

Ein sehr großer Unterschied besteht hinsichtlich der Intensität des Doppler-Effektes zwischen den Funkenlinien und den Serienlinien des Sauerstoffs. Während bei jenen für 8900 Volt Kathodenfall die bewegte Intensität zur ruhenden Intensität wie 1.5 : 1 sich verhält, ist dies Verhältnis bei den Serienlinien ungefähr 1 : 15. Und der kleine Wert der bewegten Intensität (Doppler-Effekt) der Serienlinien des Sauerstoffs ist wohl auch der Grund, warum Hr. Paschen den Doppler-Effekt bei den Serienlinien nicht zu beobachten vermochte. Einen ungefähren Vergleich der Intensitäten der beiderseitigen Spektrogramme ermöglichen folgende Angaben. Hr. Paschen schreibt: »Die starke Linie 3954.8 des Runge-Paschenschen Verzeichnisses ..... ist im Kanalstrahlenlicht sehr schwach.« Meine Spektrogramme zeigen diese Linie und ihren Doppler-Effekt in beträchtlicher Intensität; es ließen sich an diesem sogar Messungen ausführen, und ich möchte hierzu noch ausdrücklich bemerken, daß ich keines meiner Spektrogramme mit Uran verstärkt habe. Ferner schreibt Hr. Paschen

mit Bezug auf die Funkenlinien: »Die Doppler-Effekte dieser Linien waren wie die Linien selbst nur lichtschwach.« Auf meinen intensiven Spektrogrammen zeigen dagegen die obenerwähnten Linien in ihrer größeren Mehrheit sowie ihre Doppler-Effekte eine tiefe Schwärzung und sind als sehr lichtstark zu bezeichnen.

§ 6. Der Doppler-Effekt bei den Aluminiumlinien λ 3944 und λ 3962. — Die Aluminiumlinien λ 3944 und λ 3962 stellen das erste Glied einer zweiten Nebenserie von Duplets dar. Zu den spektralanalytischen Untersuchungen an Kanalstrahlen verwandte ich zumeist Elektroden aus Aluminium; ich erhielt bei allen Gasen, die ich bis jetzt untersuchte, jene Aluminiumlinien von der negativen Glimmschicht und von den Kanalstrahlen; indes zeigten sie in diesen bei allen meinen früheren Untersuchungen keinen Doppler-Effekt, also keine bewegte, sondern nur eine ruhende Intensität. Das Auftreten von ruhender Intensität der Aluminiumlinien in den Kanalstrahlen bietet der Erklärung keine Schwierigkeit; infolge der immer vorhandenen, wenn auch geringen Zerstäubung des Aluminiums gelangen Aluminiumatome sowohl hinter wie vor die Kathode; hier werden sie von Kanalstrahlen oder Kathodenstrahlen getroffen und ionisiert; die so entstehenden Aluminiumionen emittieren dann infolge der Erschütterung bei ihrer Entstehung ruhende Serienlinien. Nimmt man diese Erklärung an, dann bleibt aber unverständlich, warum die Aluminiumlinien in den Kanalstrahlen nicht auch den Doppler-Effekt zeigen sollen. Einige der an der Grenze des Kathodendunkelraumes entstehenden positiven Aluminiumionen müssen doch von der elektrischen Kraft erfaßt und nach der Kathode zu getrieben werden, um dann durch deren Kanäle als Kanalstrahlen hinter ihr auszutreten; in diesen müssen sie dann infolge ihrer großen kinetischen Energie ihre Serienlinien emittieren und somit an ihnen den Doppler-Effekt zeigen. Daß ich in meinen früheren Untersuchungen an den Aluminiumlinien keinen Doppler-Effekt beobachtete, erklärte ich mir daraus, daß die Intensität des Effektes bei ihnen wohl zu gering auf meinen Spektrogrammen war, als daß der Doppler-Effekt hätte sichtbar werden können. Bei den vorliegenden neuen Untersuchungen mit Hilfe des verwendeten lichtstarken Spektrographen erhielt ich nun in der Tat den Doppler-Effekt bei den zwei Aluminiumlinien λ 3962 und λ 3944. Daß der verbreiterte Streifen auf der ultravioletten Seite der Linien nicht durch sekundäre Störungen vorgetäuscht wurde, kontrollierte ich durch den Vergleich der Kanalstrahlenspektrogramme mit den Spektrogrammen von der negativen Glimmschicht und mit einem intensiven Spektrogramm, das ich vom kondensierten Aluminium-

funken aufnahm. Die bewegte Intensität verhält sich zur ruhenden Intensität der beiden Linien ungefähr wie 1:10. Die Messung des maximalen Effektes lieferte bei der Linie λ 3962 den Wert $\Delta\lambda_m = 2.49$ Å und somit eine maximale Geschwindigkeit $v_m = c\,\frac{\Delta\lambda_m}{\lambda} = 1.89 \cdot 10^7$ $\mathrm{cm} \cdot \mathrm{sec}^{-1}$. Macht man auch hier wieder die nicht genaue Annahme, daß die maximale kinetische Energie dem ganzen wirksamen Kathodenfall entspricht, so berechnet sich für das Verhältnis von Ladung zur Masse des Linienträgers der Wert $\frac{\varepsilon}{\mu} = 200$ in magnetischem Maß. Für ein einwertiges Aluminiumion ist als Wert von $\frac{\varepsilon}{\mu}$ die Zahl 352 zu erwarten. Ob der Träger der zweiten Dupletserie des Aluminiums ein ein-, zwei- oder dreiwertiges Atomion ist, möchte ich aus den im § 3 dargelegten Gründen nicht entscheiden.

Der Nachweis für den Fall von Aluminiumelektroden, daß die Serienlinien des Elektrodenmetalls in den Kanalstrahlen den Doppler-Effekt zeigen, besitzt insofern einige Wichtigkeit, als mit ihm auf spektralanalytischem Wege auch der Beweis geführt ist, daß die Atomionen des Elektrodenmetalls an der Bildung von Kanalstrahlen sich beteiligen.

§ 7. Vergleichende Charakteristik der Spektra des Sauerstoffs. — Außer dem Serien- und dem Funkenspektrum besitzt Sauerstoff noch zwei Bandenspektra. Das eine, das negative Bandenspektrum, ist zuerst von A. Wüllner[1] in der negativen Glimmschicht beobachtet und von A. Schuster[2] genauer beschrieben worden. Ich habe von ihm zwei Spektrogramme aufgenommen, eins an der negativen Glimmschicht und eins an den Kanalstrahlen. Das negative Bandenspektrum ist nämlich auch in dem Kanalstrahlenlicht enthalten; bei seiner Aufnahme an den Kanalstrahlen war der Spektrograph so gestellt, daß kein Licht von der negativen Glimmschicht in den Spalt gelangen konnte. Auf meinen Spektrogrammen sind 6 negative Sauerstoffbanden sichtbar. In der Tab. V sind die ungefähren Wellenlängen ihrer Kanten sowie ihre Intensität in relativem Maße angegeben.

Die Banden Nr. 1, 2, 4, 5, 6 scheinen regelmäßig in einer Gruppe angeordnet zu sein, die Bande Nr. 3 dürfte einer zweiten Gruppe angehören; zu dieser scheinen zwei weitere Banden zu gehören, von denen die eine bei λ 623 $\mu\mu$ beginnt, während der Anfang der

---

[1] A. Wüllner, Wied. Ann. 8, 263, 1879; 38, 633, 1889.
[2] A. Schuster, Phil. Trans. 170, 37, 1889.

Tabelle V.

Nummer	Wellenlänge $\mu\mu$	Intensität
1	640	5
2	600	6
3	592	2
4	563	8
5	530	5
6	500	1

anderen in das Ende der Bande 4 fällt. Sämtliche Banden zeigen denselben regelmäßigen Bau; sie laufen in der Richtung Rot-Ultraviolett; ihr Kopf besteht aus 5 scharfen breiten Linien, die wahrscheinlich zusammengesetzt sind, und einer sechsten intensiven Linie; hinter dieser fällt die Intensität der weiteren Bandenlinien rasch ab. Eine genaue Untersuchung der negativen Sauerstoffbanden mit einer größeren Dispersion, als sie mir zur Verfügung stand, dürfte interessante Resultate ergeben.

Die positive Lichtsäule besitzt in Sauerstoff für Entladungen ohne Kondensator und Funken nur eine geringe Intensität. Sie zeigt außer den Serienlinien noch ein sehr wenig intensives kontinuierliches Spektrum. Dieses ist bereits von A. Wüllner und A. Schuster beobachtet worden. Seine Intensität hat ein Maximum Grüngelb; sie kann durch Erhöhung der Stromstärke nur wenig gesteigert werden, abweichend von dem gewöhnlichen Verhalten der Emissionsspektra der positiven Säule. Sein grüngelbes Licht ist auch in der negativen Glimmschicht und im Kathodendunkelraum bei niedrigen Drucken, ferner rings um die positive Säule außerhalb der Strombahn bei höheren Drucken wahrnehmbar. Aus diesen Gründen vermute ich, daß dieses kontinuierliche Emissionsspektrum des Sauerstoffs gar nicht zu den eigentlichen mit der Ionisierung verknüpften Emissionsspektren gehört; es mag entweder einer Verunreinigung des Sauerstoffs zuzuschreiben sein, oder noch wahrscheinlicher ist, daß es das Emissionsspektrum des Ozons darstellt; ihm analog besteht nämlich dessen Absorptionsspektrum aus kontinuierlichen breiten, verwaschenen Banden und hat seine größte Intensität im Grüngelb. Da gemäß dem Vorstehenden die Zugehörigkeit des sogenannten kontinuierlichen Emissionsspektrums des Sauerstoffs fraglich erscheint, so sei es von der weiteren Diskussion ausgeschlossen.

Da ich vermutete, daß das Linienspektrum der positiven Lichtsäule bei Sauerstoff ebenso wie bei Stickstoff von der Emission eines »positiven« Bandenspektrums begleitet sei, so war für mich ein zweiter

Grund gegeben, die Lichtemission der positiven Säule im Ultraviolett mit einem Quarzspektrographen zu untersuchen. Es ergab sich indes, daß im Ultraviolett bis λ 2400 jedenfalls keine intensiven Sauerstoffbanden liegen. Nun aber hat bereits V. SCHUMANN[1] im äußersten Ultraviolett an der positiven Säule in Sauerstoff die Emission eines Bandenspektrums beobachtet. Er macht hierüber folgende Angaben: »Das Emissionsspektrum des Sauerstoffs besteht aus drei kontinuierlichen Maxima, von denen das brechbarste das intensivste ist. Es liegt ungefähr bei λ 185 μμ. Die Beobachtung dieser Maxima ist mit beträchtlicher Schwierigkeit verbunden, wegen ihrer geringen photographischen Wirksamkeit und wegen des gleichzeitigen Erscheinens der Kohlenoxydbanden. — Noch war es möglich, trotz zahlreicher Versuche, brechbarere Strahlen als diejenigen des Maximums bei ungefähr 185 μμ herauszuholen. Es ist wohl anzunehmen, daß die Sauerstoffschicht zwischen der Öffnung der Kapillare und dem Fenster der GEISSLER-röhre den geringen Erfolg dieses Suchens durch ihren Mangel an Durchlässigkeit mitverursachte.« Ob diese Absorption im nicht durchströmten Sauerstoff das kontinuierliche Aussehen der von SCHUMANN entdeckten positiven Sauerstoffbanden zur Folge hat, ob sie nach Rot zu abschattiert sind, ob im Ultrarot andere zu ihnen gehörige Banden liegen, oder ob ihnen das sichtbare kontinuierliche Emissionsspektrum des Sauerstoffs zuzuordnen ist, sind offene Fragen.

Die nachstehende Tabelle VI enthält Angaben über die relativen Intensitäten der verschiedenen Spektra des Sauerstoffs, soweit meine Spektrogramme einen rohen Vergleich zulassen; ihnen ist die Angabe SCHUMANNS über die positiven Banden beigefügt. In der letzten Kolumne

Tabelle VI.

Spektrum	Intensität					Vermutlicher Träger
	Positive Säule niedriger Temperatur	Positive Säule hoher Temperatur	Negative Glimmschicht	Kanalstrahlen		
				ruhende Intensität	bewegte Intensität	
Serienlinien (Duplet- und Tripletserien)	mäßig	mäßig	mäßig	sehr groß	sehr klein	Positives Sauerstoffion A
Scharfe Funkenlinien	sehr gering	groß	sehr groß	groß	groß	Mehrwertiges positives Sauerstoffion B
Diffuse Funkenlinien	sehr gering	groß	mäßig	mäßig	sehr klein	?
Positive Banden	mäßig	?	?	?	—	System: Ion A + Elektron
Negative Banden	nicht merkbar	?	sehr groß	groß	—	System: Ion B + Elektron

[1] V. SCHUMANN, Smithsonian Contributions Nr. 1413, p. 16.

ist der Träger des einzelnen Spektrums bezeichnet, soweit die bisherige leider noch recht lückenhafte Erfahrung eine Vermutung zuläßt; die Bezeichnung »System: Ion + Elektron« soll entsprechend einer von mir geäußerten Hypothese zum Ausdruck bringen, daß das betreffende Bandenspektrum bei der Wiederanlagerung negativer Elektronen an positive Ionen emittiert werde.

Die Erscheinung, daß die ruhende Intensität der Serienlinien in der negativen Glimmschicht mäßig, in den Kanalstrahlen sehr groß ist, während die bewegte Intensität hier sehr klein ist, dürfte sich in folgender Weise erklären. Dank ihrer großen kinetischen Energie erzeugen die Kathodenstrahlen in der negativen Glimmschicht überwiegend hochwertige Sauerstoffionen, wenige ein- oder zweiwertige Ionen; darum ist die bei der Ionisierung zur Emission kommende ruhende Intensität der Serienlinien in der Glimmschicht klein, diejenige der Funkenlinien groß. Da demnach am Ende des Dunkelraums überwiegend hochwertige Ionen vorhanden sind, so beteiligen sich schon vor der Kathode nur wenige niederwertige Ionen (Träger der Serienlinien) an der Bildung der Kanalstrahlen; und ein Teil dieser niederwertigen Kanalstrahlen mag hinter der Kathode infolge von Zusammenstößen mit Gasmolekülen weitere negative Elektronen verlieren und somit in hochwertige Kanalstrahlen (Träger von Funkenlinien) übergehen. Unter diesen Umständen muß dann die bewegte Intensität der Serienlinien hinter der Kathode sehr klein, diejenige der Funkenlinien relativ sehr groß sein. Daß andererseits die ruhende Intensität der Serienlinien hinter der Kathode groß ist, erklärt sich daraus, daß hier die langsamen sekundären Kathodenstrahlen sowie die Kanalstrahlen viele niederwertige Ionen aus neutralen Atomen durch ihren Stoß erzeugen und infolge dieser Ionisierung die Serienlinien zur Emission bringen.

Um das Bild von dem spektralanalytischen Reichtum des Sauerstoffs vollständig zu machen, sei hier noch in der Tab. VII eine Übersicht über die Absorptionsspektra des Sauerstoffs gegeben, welche charakteristisch sind für seinen molekularen Zustand. Gemäß meinen Darlegungen[1] über den Ursprung der Bandenspektra sind die elektrischen Zentra dieser Spektra gesättigte bzw. gelockerte negative Valenzelektronen. Das von SCHUMANN[2] beobachtete ultraviolette Absorptionsspektrum des Sauerstoffs dagegen ist vermutlich charakteristisch für das Sauerstoffatom, indem es wahrscheinlich mit dem ultravioletten Emissionsspektrum der positiven Lichtsäule koinzidiert und der Wieder-

[1] J. STARK, Physik. Zeitschr. 9, 85, 1908.
[2] V. SCHUMANN, Smithsonian Contrib. Nr. 1413, p. 15.

anlagerung eines von ihm abgetrennten Elektrons seinen Ursprung verdankt; die ultraviolette Absorption des Sauerstoffs ist nämlich, wie Ph. Lenard[1] fand, von Ionisierung begleitet.

Tabelle VII.

Art des Spektrums	Spektrale Lage	Charakteristik	Vermutlicher Träger
Schumannsche Banden	Nähe von λ 185 $\mu\mu$	14 nach längeren Wellen zu abschattierte Linienbanden	Sauerstoffatom?
Terr. Sauerstoffbanden	Rot und Ultrarot	3 nach längeren Wellen zu abschattierte Banden	zweiatomiges Molekül
Jannssensche Banden	Rot bis Ultraviolett	zahlreiche unscharfe kontin. Banden	Ozon?
Ozonbanden	Ultrarot bis Ultraviolett	zahlreiche unscharfe kontin. Banden	dreiatomiges Molekül (Ozon)
Banden von Ladenburg und Lehmann	Rot bis Gelb	mehrere kontin. Banden	mehratomiges Molekül

Zu der vorstehenden Tabelle seien noch folgende Literaturangaben gefügt. K. Angström[2] hat im Ultrarot 4 Absorptionsbänder des Ozons gefunden, nämlich bei λ 4.8, λ 5.8, λ 6.7, λ 9.1—10.0 μ. Die Bande bei λ 4.74 μ haben auch E. Warburg und G. Leithäuser[3] beobachtet. Über neue weder dem zwei- noch dem dreiatomigen Sauerstoff angehörige Banden des Sauerstoffes haben E. Ladenburg und E. Lehmann[4] Beobachtungen mitgeteilt.

§ 8. Übersicht über die bisherigen Beobachtungen des Doppler-Effektes bei Kanalstrahlen. — Die Tabelle VIII gibt eine Übersicht über die Beobachtungen, welche bis jetzt von verschiedenen Autoren über den Doppler-Effekt bei den Kanalstrahlen angestellt worden sind. Die Elemente sind in ihr nach ihrer Zugehörigkeit zu den aufeinanderfolgenden Vertikalreihen des periodischen Systems geordnet. Allein die vorletzte Reihe, die Halogenreihe, ist in der Tabelle mit keinem Element vertreten; es ist nämlich noch für kein Element dieser Reihe die Lichtemission ihrer Kanalstrahlen untersucht worden; es ist wohl nicht zu zweifeln, daß auch die Funkenlinien dieser Elemente den Doppler-Effekt bei den Kanalstrahlen zeigen werden.

[1] Ph. Lenard, Ann. d. Phys. **1**, 486, 1900; **3**, 298, 1900.
[2] K. Ångström, Arkiv f. Mat., Astron. och Fysik **1**, 347, 1904.
[3] E. Warburg und G. Leithäuser, Berl. Ber. 1908, S. 148.
[4] E. Ladenburg und E. Lehmann, Verh. d. Phys. Ges. **7**, 132, 1906.

Tabelle VIII.

Element	Spektrallinien	Intensität		Vermutlicher Träger	Beobachter
		ruhende	bewegte		
Wasserstoff	1. Nebenserie v. Duplets	klein	groß	einwertiges Atomion	J. Stark[1], M. Wien u. B. Strasser[2], F. Paschen[3]
Lithium	Hauptserie v. Duplets	beob.	beob.	einwertiges Atomion	E. Gehrcke u. O. Reichenheim[4]
Natrium	Hauptserie v. Duplets	beob.	beob.	einwertiges Atomion	E. Gehrcke u. O. Reichenheim[4]
Kalium	Hauptserie v. Duplets	sehr groß	groß	einwertiges Atomion	J. Stark u. K. Siegl[5]
Quecksilber	1. u. 2. Nebenserie v. Triplets	groß	mäßig	ein- od. mehrwertige Atomionen	J. Stark, W. Hermann u. S. Kinoshita[6]
	Liniengruppe A	groß	groß		
	Liniengruppe B	groß	sehr klein		
Aluminium	2. Nebenserie v. Duplets	sehr groß	klein	ein- od. mehrwertiges Atomion	J. Stark
Kohlenstoff	Funkenlinien	klein	groß	mehrwertige Atomionen	S. Kinoshita[7], J. Stark u. H. Rau[8]
Stickstoff	Liniengruppe C u. E	mäßig	groß	ein- od. mehrwertige Atomionen	W. Hermann[9]
	Liniengruppe F	sehr groß	mäßig		
Sauerstoff	Haupt- u. Nebenserien v. Duplets u. Triplets	groß	sehr klein	ein- od. mehrwertige Atomionen	J. Stark
	scharfe Funkenlinien	groß	groß	mehrwertige Atomionen	F. Paschen[10], J. Stark
	diffuse Funkenlinien	mäßig	unsicher	?	J. Stark
Helium	einfache u. Dupletserien	groß	klein	ein- od. mehrwertige Atomionen	H. Rau[11], E. Dorn[12]
Argon	Linien d. »blauen« Spektrums	beob.	beob.	Atomionen	E. Dorn[12]

Fassen wir die Serienlinien, ferner die im Lichtbogen und Funken erscheinenden Linien, die bis jetzt noch nicht in Serien geordnet sind, unter der Bezeichnung »Linienspektra« zusammen, so können wir auf

[1] J. Stark, Phys. Zeitschr. 7, 255, 1906; Ann. d. Phys. 21, 438, 1906.
[2] M. Wien u. B. Strasser, Phys. Zeitschr. 7, 744, 1906.
[3] F. Paschen, Ann. d. Phys. 23, 251, 1907.
[4] E. Gehrcke u. O. Reichenheim, Phys. Zeitschr. 8, 724, 1907.
[5] J. Stark u. K. Siegl, Ann. d. Phys. 21, 457, 1906.
[6] J. Stark, W. Hermann u. S. Kinoshita, Ann. d. Phys. 21, 462, 1906.
[7] S. Kinoshita, Phys. Zeitschr. 7, 355, 1906.
[8] J. Stark, Phys. Zeitschr. 8, 397, 1907.
[9] W. Hermann, Phys. Zeitschr. 7, 567, 1906.
[10] F. Paschen, Ann. d. Phys. 23, 262, 1907.
[11] H. Rau, Phys. Zeitschr. 8, 360, 399, 1907.
[12] E. Dorn, Phys. Zeitschr. 8, 589, 1907.

Grund der vorstehenden Tabelle folgenden allgemeinen Satz[1] aussprechen, der bis jetzt allen Prüfungen standgehalten hat: die Träger der Linienspektra der chemischen Elemente sind ihre positiven Atomionen. Dazu tritt als weiteres spezielles Resultat der Satz: Wie die spektralanalytische Untersuchung zeigt, kann ein Atom desselben chemischen Elementes positive Atomionen von verschiedener Wertigkeit bilden, also durch die elektrische Dissoziation eins oder mehrere negative Elektronen verlieren.

Gegen die experimentelle Begründung der zwei vorstehenden Sätze dürfte wenig einzuwenden sein. Dagegen scheint mir ein früher von mir aufgestellter Satz nicht genügend experimentell begründet zu sein, nämlich die Folgerung, daß Dupletserien von einwertigen, Tripletserien von zweiwertigen positiven Atomionen emittiert werden. Ich kam zu dieser Folgerung durch einen Vergleich der Doppler-Effekte bei den Serienlinien des Wasserstoffes und bei den Linien des Quecksilbers. Seitdem ich indes mehr und mehr erkannt habe, daß die Bewegung von Kanalstrahlen verschiedener Art, welche von gleichem Kathodenfall erzeugt werden, durch Zusammenstöße und Ausstrahlung (vgl. § 3) verschieden stark gedämpft werden kann, halte ich das Resultat jenes Vergleichs für zweifelhaft und bin der Ansicht, daß es durch die bisherigen Beobachtungen nicht ausgeschlossen ist, daß dasselbe positive Atomion sowohl Duplet- als Tripletserien emittieren kann.

Noch ein wichtiges Resultat ist aus der obigen Tabelle zu entnehmen. Obwohl in der Chemie Helium und Argon keine Valenzen betätigen, vermögen sie doch unter dem Stoß der Kanal- und Kathodenstrahlen ebenso wie die übrigen Elemente negative Elektronen abzugeben und positive Atomionen in den Kanalstrahlen zu bilden. Hieraus dürfte zu folgern sein, daß die Zahl der Stufen der elektrischen Dissoziation, welche wir mit der Energiekonzentration in den Kathoden- und Kanalstrahlen erzielen können, nicht zu beschränken ist auf die Zahl der Valenzen, welche in der Chemie den einzelnen Elementen für die Erklärung der Struktur der Moleküle zugeschrieben werden. Folgen wir einem Gedankengange[2], den ich über die abtrennbaren neutralisierenden negativen Elektronen der chemischen Elemente entwickelt habe, so können wir diese Verhältnisse vielleicht in folgender Weise charakterisieren. In der Chemie betätigen sich beim Aufbau der Moleküle nur die an der Oberfläche der Atome liegenden negativen Elektronen (Valenzelektronen); die Wirkung der

---

[1] J. Stark, Die Elektrizität in Gasen, Leipzig 1902, S. 447.

[2] J. Stark, Phys. Zeitschr. 8, 883, 1907; 9, 85, 1908. Vgl. auch »Die Valenzlehre auf atomistisch elektrischer Basis«, Jahrb. d. Rad. u. Elektronik, 5, 124, 1908.

Kathoden- und Kanalstrahlen beschränkt sich dagegen nicht auf die an der Oberfläche der Atome liegenden negativen Elektronen, dank ihrer Energie, die gewaltig groß ist verglichen mit ihrer Masse, vermögen diese Strahlen auch aus dem Innern der Atome negative Elektronen herauszutreiben. Die Erfahrung der Spektralanalyse über die chemischen Atome reicht weiter als diejenige der Chemie; sie erschließt uns nicht bloß Erscheinungen an der Oberfläche, sondern auch Vorgänge im Innern der chemischen Atome.

Kombinieren wir endlich die Tatsache, daß die neutralen Atome vieler Elemente im zugänglichen Gebiet des Spektrums keine Linien besitzen, mit der ziemlich gesicherten Tatsache, daß sie im zugänglichen Spektrum dann gewisse Linien emittieren, wenn sie ein negatives Elektron verloren haben, und wieder ein davon verschiedenes Spektrum, wenn sie mehr negative Elektronen verloren haben, so liegt folgender Gedankengang nahe. Die Emissionszentra der Serien- oder auch Funkenlinien sind gemäß dem Zeeman-Effekt ebenfalls negative Elektronen, sie müssen auch schon im neutralen Atom vorhanden sein, nur scheinen die Frequenzen ihrer Schwingungen so groß zu sein, daß sie im unzugänglichen Ultraviolett liegen. Wenn aber ein negatives Elektron, das im neutralen Atom die Aufgabe hat, eine positive Ladung zu neutralisieren, aus dem Atom fortgenommen wird, so werden die Frequenzen jener Elektronen kleiner, sie rücken in das zugängliche Spektrum, analog dem Vorgang, daß durch Zurückdrehung der Schrauben, welche die Saiten eines Musikinstrumentes spannen, die Töne des Instrumentes erniedrigt werden. Wenn diese Folgerung einigermaßen der Wirklichkeit entspricht, dann müssen sich uns sofort folgende Fragen aufdrängen. Gibt es unter den zahlreichen Elementen nicht einige, deren Atome schon im neutralen Zustand im zugänglichen Spektrum solche Frequenzen besitzen, welche durch die Ionisierung in die Frequenzen der Funkenlinien übergehen? Sind vielleicht die seltenen Erden solche Elemente? Ferner müssen wir annehmen, daß die Bindung der Valenzelektronen an die eigenen Atome dadurch mehr oder weniger geändert werden kann, daß mehrere Atome zu einem Molekül zusammentreten; ist dies der Fall, führt dann nicht auch schon diese Änderung der Bindung abtrennbarer negativer Elektronen solche Frequenzen des Atoms in das zugängliche Spektrum, welche bei vollständiger Ionisierung des Atoms als Funken- oder Serienlinien erscheinen? Oder, mit anderen Worten, besitzen manche Verbindungen neben den Bandenspektren der Valenzelektronen nicht auch Spektra, welche nichtabtrennbaren Elektronen des Atominnern eigen sind? Diese Fragen zu beantworten, ist nicht Sache menschlicher Spekulation und Phantasie, die gegenüber der Mannig-

faltigkeit und Fremdartigkeit der inneren Welt des Atoms arm und unfähig ist, sondern es wird Sache einer ausdauernden experimentellen Forschung sein.

Ein großer Teil der Resultate der vorstehenden Untersuchung ist der Güte und Lichtstärke des verwendeten Spektrographen zu verdanken. Die Mittel zu seinem Bau wurden mir von der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin bewilligt. Mehrere der übrigen verwendeten Apparate hat mir Hr. Dr. H. Hauswaldt in Magdeburg zur Verfügung gestellt; hierfür möchte ich ihm auch an dieser Stelle danken.

Über die spektrale Intensitätsverteilung der Kanalstrahlen in Wasserstoff.

Von Prof. J. Stark und W. Steubing
in Greifswald.

(Vorgelegt von Hrn. Planck.)

Die Beobachtung des maximalen Doppler-Effektes bei Kanalstrahlen hat ergeben, daß die Linien einer Serie alle denselben Träger, nämlich ein positives Atomion, besitzen. Nach Feststellung dieses Resultates suchte der eine von uns (Stark) eine erste Antwort auf die Frage zu gewinnen, ob die spektrale Intensitätsverteilung[1] eine Funktion der Geschwindigkeit der Kanalstrahlen sei. Auf Grund eines zwar nicht für diesen Zweck gewonnenen, aber ziemlich umfangreichen photographischen Beobachtungsmateriales kam er nach drei verschiedenen Methoden zu dem als vorläufig zu betrachtenden Resultat, daß das Verhältnis der Intensität einer Linie zu derjenigen einer weniger brechbaren Linie derselben Serie mit wachsender Geschwindigkeit der Kanalstrahlen zunimmt. F. Paschen[2] dagegen kam auf Grund einer andern, ebenfalls photographischen Methode zu dem Resultat, daß die spektrale Intensitätsverteilung der Kanalstrahlen unabhängig von deren Geschwindigkeit sei. Demgegenüber hielt indes der eine[3] von uns an seinem Resultat fest, ja, glaubte sogar Hrn. Paschens eigene Beobachtungen zu dessen Stütze heranziehen zu dürfen. Immerhin aber mußte diese Differenz den Wunsch verstärken, das Resultat der hinsichtlich der Intensität wenig zuverlässigen photographischen Methode durch eine andere Methode zu kontrollieren.

Die von uns in der nachstehenden Untersuchung angewendete Methode gründet sich auf folgende Überlegung. Wie alle Beobachter gefunden haben, besteht der Doppler-Effekt bei Kanalstrahlen nicht in einer einzigen scharfen verschobenen Linie entsprechend einer einzigen

[1] J. Stark, Ann. d. Phys. 21, 435, 1906.
[2] F. Paschen, Ann. d. Phys. 23, 247, 1907.
[3] J. Stark, Ann. d. Phys. 23, 798, 1907.

Geschwindigkeit der Kanalstrahlen, sondern er stellt ein breites unscharfes Band, ein schmales Stück eines kontinuierlichen Spektrums dar, entsprechend einer kontinuierlichen Folge von verschiedenen Geschwindigkeiten der Kanalstrahlen. Läßt man also diese im Visionsradius laufen, so erhält man eine spektrale Zerlegung der Intensitäten verschiedener Geschwindigkeiten, und man kann, wie es der eine von uns und Hr. Paschen getan haben, die Intensitäten zweier Serienlinien für dieselbe einzelne Geschwindigkeit miteinander vergleichen. Läßt man dagegen die Kanalstrahlen orthogonal zum Visionsradius laufen, so ruhen die Kanalstrahlen der verschiedenen Geschwindigkeiten alle relativ zum Beobachter, man erhält keinen Doppler-Effekt, es superponieren sich vielmehr die Intensitäten aller Geschwindigkeiten in einer einzigen scharfen Linie. Vergleicht man in diesem Falle die Intensitäten zweier Serienlinien, so bezieht sich nun der Vergleich nicht mehr auf eine einzelne Geschwindigkeit, sondern auf alle Geschwindigkeiten, welche entsprechend dem wirksamen Kathodenfall gleichzeitig im Kanalstrahlenbündel vorkommen. Indem man den Kathodenfall erhöht, kommen zu den vorhandenen Geschwindigkeiten neue größere Geschwindigkeiten hinzu; die Variation des Kathodenfalles bedeutet also eine Variation der Geschwindigkeitsverteilung im Kanalstrahlenbündel. Wenn nun die spektrale Intensitätsverteilung der Kanalstrahlen unabhängig von ihrer Geschwindigkeit ist, so muß sie auch unabhängig vom Kathodenfall sein. Stellt sich dagegen heraus, daß das Intensitätsverhältnis zweier Serienlinien mit wachsendem Kathodenfall zunimmt, so dürfen wir folgern, daß es noch rascher mit wachsender Geschwindigkeit zunehmen würde, wenn wir aus dem Vergleich die kleineren Geschwindigkeiten weglassen und die Intensitäten nur auf eine Geschwindigkeit beziehen würden, indem wir die Kanalstrahlen im Visionsradius laufen ließen. Wenn also auch der Vergleich der Intensitäten zweier Serienlinien für verschiedene Werte des Kathodenfalls nicht so exakt wie derjenige für verschiedene einzelne Geschwindigkeiten ist, so kann er doch zu der Entscheidung der Frage dienen, ob die spektrale Intensitätsverteilung der Kanalstrahlen eine Funktion ihrer Geschwindigkeit ist.

Der Grund dafür liegt nahe, daß man zum Zwecke der okularen Beobachtung die zweite weniger exakte Methode, die Beobachtung orthogonal zur Kanalstrahlenrichtung, wählen muß. Nur sie liefert nämlich für die spektrophotometrische Messung eine ausreichende Intensität der Spektrallinien. Diese Methode der Superposition der Intensitäten sämtlicher Geschwindigkeiten hat allerdings noch den Nachteil, daß man gleichzeitig mit der »bewegten« Intensität einer Serienlinie auch noch ihre »ruhende« Intensität erhält. Indes fällt dieser Nachteil

im Falle des Wasserstoffs[1] fort, da bei dessen Serienlinien die ruhende Intensität nur klein ist im Vergleich zur bewegten, und zwar um so kleiner, je niedriger der Gasdruck ist.

Bei der Anwendung der eben im Prinzip beschriebenen Methode bedienten wir uns folgender Hilfsmittel. Das Photometer war ein König-Martenssches Spektralphotometer[2]; die Spaltweite wählten wir zur Steigerung der Intensität zu 0.2 mm, der Okularspalt war ungefähr 0.3 mm weit. Als Vergleichlicht diente eine Glühlampe für 65 Volt und 8 Kerzen; sie war in etwa 20 cm Abstand seitlich vor der rechten Spalthälfte aufgestellt; unmittelbar vor ihr war eine mattierte Glasscheibe angebracht. Um für die untersuchten drei ersten Serienlinien des Wasserstoffs (λ 652, 486, 434) je eine nahezu gleich große Vergleichsintensität zu haben, war vor die Glühlampe ein regulierbarer Rheostat geschaltet, parallel zur Lampe ein Voltmeter; bei der Photometrierung der roten Linie λ 652 betrug die Klemmspannung der Lampe 34.8 Volt, für die blaugrüne λ 486 betrug sie 48.0 Volt, für die blaue λ 434 war sie 48.9 Volt. Das Photometer war so aufgestellt, daß die Achse des Kollimatorrohres normal zu dem Kanalstrahlenbündel stand und die linke von diesem erhellte Spaltmitte unmittelbar hinter der Kathode lag; der Spalt war ohne Zwischenschaltung eines Kondensors so dicht als möglich an die Kanalstrahlenröhre gerückt.

Die benutzte Röhre hatte eine lichte Weite von 4.7 cm; der Abstand der einander zugekehrten Stirnflächen der Elektroden betrug 20.7 cm, die Länge der Röhre hinter der Kathode war 7.8 cm; diese waren aus Aluminium und hatten die schon früher (Ann. d. Phys. **21**, 405, 1906) beschriebene Form; ihre Stirnfläche war innen bis auf 0.6 cm Abstand vom Rand mit dicht aneinander liegenden 0.75 mm weiten Löchern versehen. Die Röhre war zuvor zu Untersuchungen über die Kanalstrahlen in Sauerstoff verwendet worden und war darum vorzüglich von Kohlenwasserstoffen gereinigt. Sie wurde mit trocknem, aus Zink und Schwefelsäure hergestelltem Wasserstoff gefüllt; zu ihrer Evakuation diente eine Gaede-Pumpe. Da vermieden wurde, daß die Röhre bei sehr niedrigem Druck längere Zeit mit der Pumpe kommunizierte, und da während des Betriebes fast beständig ein schwacher Gasstrom in die Pumpe floß, so war in der Röhre nicht einmal die grüngelbe Quecksilberlinie zu sehen; auch war keine Spur einer Stickstoffbande sichtbar. Das Spektrum der Kanalstrahlen in Wasserstoff zeigte intensiv nur das Serienspektrum dieses Glases, daneben in geringer Intensität bei höheren Drucken (0.5—1 cm Länge des Kathoden-

[1] J. Stark, Ann. d. Phys. **21**, 432, 1906.
[2] F. F. Martens und F. Grünbaum, Ann. d. Phys. **12**, 984, 1903.

dunkelraumes) das sogenannte zweite oder Bandenspektrum des Wasserstoffs; bei niedrigeren Drucken war dessen Intensität übereinstimmend mit der früheren Erfahrung des einen von uns (Ann. d. Phys. **21**, 432, 1906) äußerst gering.

Als Stromquelle stand uns ein Induktorium mittlerer Größe zur Verfügung; dieses wurde mit Wechselstrom von 100 Perioden in der Sekunde betrieben. Der durch die Röhre gehende Strom wurde so stark gewählt, daß sich die Röhre in der Nähe der Elektrode so stark erwärmte, daß sie eben gerade noch für einen Moment mit der Hand berührt werden konnte. Zur Messung der Länge des Kathodendunkelraumes diente eine Millimeterskala aus Papier, die an der Röhre befestigt war. Nach Beendigung der Photometrierung wurden die zu den verschiedenen Dunkelraumlängen gehörigen Werte des Kathodenfalls mit Hilfe eines parallel zur Röhre geschalteten Funkenmikrometers ermittelt, indem dessen Zinkpole, die vorn eine Krümmung von 1 cm Radius haben, einander so weit genähert wurden, daß zwischen ihnen der Funke überspringen konnte; hierbei wurden sie und die Luft zwischen ihnen mit Hilfe eines Poloniumpräparates bestrahlt zum Zweck der Vermeidung des Entladeverzuges. In der nachstehenden Tabelle sind diese Beobachtungen mitgeteilt; die zu den beobachteten Schlagweiten gehörigen Spannungsdifferenzen (Kathodenfall) sind aus Beobachtungen von F. PASCHEN[1] durch Interpolation ermittelt; für die Dunkelraumlänge 0.5 cm wurde die Schlagweite nicht beobachtet; der in der Tabelle angegebene Wert wurde durch lineare Extrapolation gewonnen.

Tabelle I.

Länge des Dunkelraumes in cm	Schlagweite in mm				Kathodenfall in Volt
	1. Reihe	2. Reihe	3. Reihe	Mittelwert	
0.5	—	—	—	—	2323
1	0.5	0.6	0.55	0.55	3065
2	0.8	1.0	1.0	0.93	4449
3	1.5	1.6	1.6	1.57	6606
4	2.1	2.1	2.2	2.13	8319
5	2.6	2.7	2.7	2.67	9945

Die photometrischen Beobachtungen selbst wurden in folgender Weise ausgeführt. Der eine von uns besorgte ausschließlich die Einstellung und Ablesung des Photometers, der andere bediente die Pumpe und das Induktorium, las die Dunkelraumlänge ab und notierte die

[1] F. PASCHEN, WIED. Ann. **37**, 79, 1889.

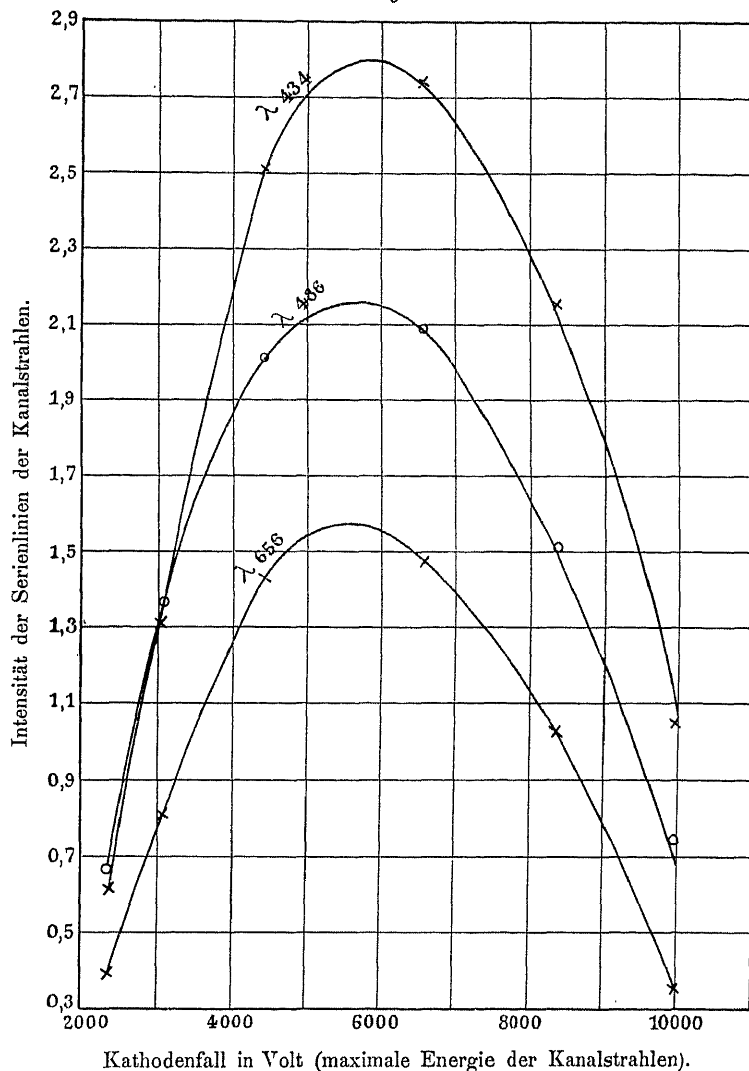
Beobachtungen. Zunächst wurde so viel Wasserstoff eingelassen, daß die Dunkelraumlänge kleiner als 0.5 cm war, dann wurde bis zur Dunkelraumlänge 0.5 cm abgepumpt, dann die Leitung zur Pumpe durch einen Hahn abgesperrt, dann stellte der eine Beobachter in dem einen Quadranten ein und las laut ab, dann stellte er im zweiten Quadranten ein und las laut ab; darauf öffnete der andere Beobachter die Leitung zur Pumpe, ließ bis auf die Dunkelraumlänge 1 cm abpumpen und sperrte dann wieder die Leitung durch Drehung des Hahnes ab; darauf folgten wieder die Ablesungen in den zwei Quadranten usw. Waren für die Dunkelraumlänge 5 cm die Beobachtungen gemacht, so wurde zunächst noch weiter abgepumpt, dann wieder frisches Gas eingelassen, bis die Dunkelraumlänge 0.5 cm unterschritten war, und darauf wurde in der beschriebenen Weise eine neue Reihe von Beobachtungen für dieselbe Spektrallinie gemacht. In dieser Art gewannen wir eine Gruppe von Beobachtungen für 3 Ampère, zwei Gruppen für 4 Ampère primärer Stromstärke. Die drei Gruppen lieferten übereinstimmende Resultate. Im folgenden teilen wir lediglich die Zahlen der dritten Gruppe mit. Die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Einstellungswinkel sind das Mittel aus den Ablesungen in den zwei Quadranten. In den drei letzten Spalten sind die Quadrate der Tangenten dieser Winkel angegeben; ihnen sind die Intensitäten der drei Linien proportional, der Proportionalitätsfaktor ist jedoch für die drei Linien verschieden, indes für dieselbe Linie für die verschiedenen Intensitäten bei den verschiedenen Werten des Kathodenfalls konstant.

Tabelle II.

Kathodenfall in Volt	Winkel für λ 652					Winkel für λ 486					Winkel für λ 434						Intensität		
	1. Reihe	2. Reihe	3. Reihe	4. Reihe	Mittel	1. Reihe	2. Reihe	3. Reihe	4. Reihe	Mittel	1. Reihe	2. Reihe	3. Reihe	4. Reihe	5. Reihe	Mittel	λ 652	λ 486	λ 434
2323	34.5	29.9	30.1	33.8	32.08	40.5	—	38.8	38.3	39.2	37.8	36.9	40.5	37.7	—	38.2	0.394	0.664	0.619
3065	39.4	42.6	46.5	39.2	41.9	47.9	50.9	52.6	46.1	49.4	47.2	50.8	49.5	47.7	—	48.8	0.805	1.361	1.310
4449	50.7	49.9	50.0	51.6	50.3	55.5	57.2	54.4	57.3	54.85	55.3	58.9	60.6	57.7	56.1	57.75	1.436	2.014	2.510
6606	56.4	46.6	48.7	50.3	50.5	56.3	56.4	57.9	56.3	55.28	59.2	61.3	59.3	—	—	59.9	1.471	2.080	2.740
8319	43.2	44.6	46.9	45.9	45.15	53.4	46.6	53.0	51.3	50.86	54.0	57.5	55.3	50.9	54.9	55.72	1.010	1.507	2.155
9945	30.7	32.0	32.1	27.5	30.56	40.6	36.4	44.0	40.9	40.5	49.5	40.6	45.1	49.6	43.4	45.64	0.348	0.729	1.044

In der Figur 1 sind die Intensitäten und die Werte des Kathodenfalls der Tabelle II eingetragen. Wie man sieht, nimmt für eine jede Linie die Intensität erst bis zu einem Maximum zu und dann wieder ab; ihre starke Variation wird in erster Linie durch die Variation der Kanal-

Fig. 1.



Kathodenfall in Volt (maximale Energie der Kanalstrahlen).

strahlenmenge bedingt, welche hinter die Kathode gelangt. Es ist möglich, daß diese Menge, von 0.5 cm Dunkelraum ausgehend, selbst erst ein Maximum erreicht, um erst dann wieder dauernd abzunehmen. Es ist aber auch möglich, daß die Lichtemission der Kanalstrahlen bei konstanter Menge der Kanalstrahlen mit wachsendem Kathodenfall zunimmt, während andererseits die Strahlenmenge von 0.5 cm Dunkelraum an dauernd abnimmt. Da wir Wechselstrom verwenden mußten und somit hinter die Elektrode, hinter der wir die Lichtemission maßen, auch Kathodenstrahlen von der anderen Elektrode erhielten, so war uns eine Messung der Menge positiver Elektrizität, welche die Kanalstrahlen mit sich führten, leider nicht möglich. Für

das angestrebte Ziel, für den Vergleich der Intensitäten der drei Spektrallinien, ist eine derartige Messung allerdings nicht notwendig, da für die drei Linien bei gleichem Dunkelraum die Kanalstrahlenmengen gleich sind.

In der Tabelle III sind für die verschiedenen Werte des Kathodenfalls die Intensitätsverhältnisse der drei Linien zusammengestellt; die für die Verhältnisse angegebenen Zahlen sind zwar nicht die Verhältnisse der absoluten Intensitäten, sondern sind noch mit gewissen Proportionalitätsfaktoren zu multiplizieren. Diese sind indes für je zwei Linien für die verschiedenen Werte des Kathodenfalls konstante Zahlen.

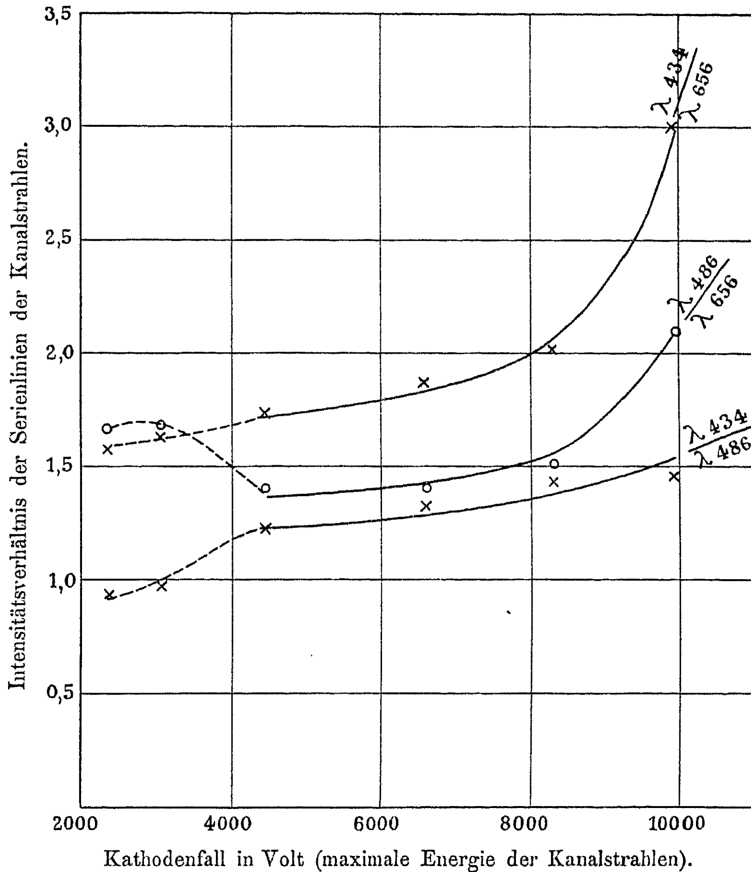
Tabelle III.

Kathodenfall in Volt	Intensitätsverhältnisse		
	$\frac{\lambda\,434}{\lambda\,486}$	$\frac{\lambda\,486}{\lambda\,652}$	$\frac{\lambda\,434}{\lambda\,652}$
2323	0.933	1.686	1.570
3065	0.962	1.692	1.627
4449	1.246	1.402	1.749
6606	1.317	1.415	1.863
8319	1.430	1.492	2.130
9945	1.434	2.095	3.001

In Fig. 2 sind die vorstehenden Zahlen eingetragen. Von der Diskussion möchten wir die Werte für 0.5 und 1 cm Dunkelraumlänge als unsicher ausschließen, nicht der Unsicherheit der Messung wegen, sondern aus folgendem Grunde. Bis zu etwa 1 cm Dunkelraumlänge besitzt, wie bereits erwähnt wurde, das Bandenspektrum des Wasserstoffs eine merkbare Intensität neben dem Serienspektrum. Nun liegen zwar dicht bei λ 652 und λ 434 keine oder nur äußerst schwache Bandenlinien, dagegen liegen bei λ 4861 die ziemlich intensiven Bandenlinien λ 4872, 4869, 4866, 4856; diese mögen bei der relativ kleinen von uns verwendeten Dispersion und der großen Spaltweite von 0.2 mm eine zu große Intensität der Serienlinie 4861 bei 0.5 und 1 cm Dunkelraumlänge vorgetäuscht haben. Bei Ausschaltung der zugehörigen Intensitätsverhältnisse aus der Diskussion ergeben die Tabelle III und die Figur 2 das sichere Resultat, daß die spektrale Intensitätsverteilung in der Balmerschen Serie des Wasserstoffs eine Funktion des Kathodenfalles ist, welcher die Kanalstrahlen erzeugt.

Nach Tab. III und Fig. 2 nimmt mit wachsendem Kathodenfall und somit noch viel rascher mit wachsender Geschwindigkeit der Kanalstrahlen (vgl. o. S. 579) das Verhältnis der Intensität einer

Fig. 2.



Linie zu derjenigen einer weniger brechbaren Linie zu, und zwar ist die Zunahme um so größer, je kleiner das Verhältnis der Wellenlängen der Linien ist.

Mit dieser Abhängigkeit der spektralen Intensitätsverteilung der Kanalstrahlen von ihrer Geschwindigkeit ist eine Tatsache festgestellt, welche für eine Theorie der Lichtemission der Kanalstrahlen von Bedeutung ist. Eine zweite wichtige Tatsache[1] ist das Auftreten eines Intensitätsminimums im Doppler-Effekt bei Kanalstrahlen, nämlich die Erscheinung, daß bewegte Atomionen (Kanalstrahlen) unterhalb eines bestimmten Minimums von kinetischer Energie infolge ihrer Bewegung eine Serienlinie nicht in merkbarer Intensität zu emittieren vermögen.

[1] Vgl. J. Stark, Physik. Zeitschr. 8, 913, 1907.

Zur Anatomie der Cetaceenlunge.

Von Franz Eilhard Schulze.

(Vorgetragen am 21. Februar 1907 [s. Jahrg. 1907 S. 203].)

Hierzu Taf. V.

1. Die Lunge des Tümmlers, *Phocaena phocaena* (L.).

Wie bei allen Cetaceen ist beim Tümmler jeder der beiden Lungenflügel völlig ungeteilt, d. h. nicht durch Spalten in einzelne Lappen zerlegt. Auch fehlt hier jenes System von mehr oder minder derben Bindegewebssepten, welches bei den meisten Säugetieren das kompakte respiratorische Lungenparenchym wie ein Fachwerk durchsetzt und zur Bildung polyedrischer Teilstücke verschiedener Ordnung bis zu den »Lobuli« hinab führt.

Die in die Bronchioli terminal oder seitlich einmündenden »Alveolarbäumchen« sind verhältnismäßig kurz, was hauptsächlich durch die geringe Entwicklung der Alveolargänge bedingt ist, während die Sacculi sehr verschiedene Dimensionen haben. Gar nicht selten münden auch einzelne Sacculi nicht in einen Alveolargang, sondern direkt in einen Bronchiolus seitlich ein (Taf. V Fig. 1).

Besondere »kugelige Hohlräume«, wie sie Miller unter der Bezeichnung »Atrium« als einen konstanten und typischen Bestandteil eines jeden respiratorischen Gangsystems der Säugetierlunge annimmt, habe ich hier ebensowenig wie bei anderen Säugetieren unterscheiden können.

Eine wichtige Eigentümlichkeit der Tümmlerlunge bildet die auffallende Wandstärke aller Lufträume des respiratorischen Parenchymes. Wie schon die Wandung der Bronchen durch Einlagerung besonders kräftiger Knorpelringe und -Spangen ausgezeichnet und stark verdickt ist, erscheinen auch die Wände der Bronchioli, der Alveolargänge, der Sacculi und selbst der Alveolen entschieden dicker als bei gleichgroßen Landtieren, was vorzüglich durch reichere Entwicklung sowohl der elastischen Fasernetze als auch des fibrillären Bindegewebes bedingt ist.

Die elastischen Fasern treten besonders nach Behandlung der Schnitte mit Kresofuchsin überall sehr deutlich hervor. In den derben

Ringfaserbalken, welche zumal an den Teilungsstellen der Alveolargänge in deren Lumen vorspringen, finde ich elastische Fasern von 4—5 μ Stärke, während sie an den Septalrändern der einzelnen Alveolen oft noch eine Dicke von 2—3 μ zeigen. Aber auch die Alveolenwände sind stets durch ein reich entwickeltes Netz verhältnismäßig derber elastischer Fasern gestützt.

Glatte Muskelfasern konnte ich an ihren stäbchenförmigen Kernen zwar noch in den verdickten Septalrändern der Alveolen, jedoch nicht mehr in der Alveolenwand selbst erkennen.

Als besonders bemerkenswert ist hervorzuheben, daß sowohl in der Wand der Bronchioli als auch gar nicht selten noch im Gebiet der Alveolargänge einzelne Knorpelstückchen zu finden sind.

Trotz der schon erwähnten Dicke der Alveolenwände gelingt es hier und da, kleine rundliche Lücken in den Alveolensepten nachzuweisen. Ob aber solche Löcher außer in den Scheidewänden benachbarter Alveolen ein und desselben Sacculus oder Alveolarbäumchens auch in den Grenzscheidewänden der Alveolen verschiedener Bronchenbezirke vorkommen, konnte ich nicht entscheiden. Bei dem Fehlen der sonst so verbreiteten membranösen Scheidewände zwischen den einzelnen Lobuli und größeren Bronchenbezirken ließe sich allerdings hier eine derartige Kommunikation für möglich halten.

Jedenfalls ist es merkwürdig, daß gerade für die Delphine mehrere Forscher die bestimmte Angabe gemacht haben, daß sich von einem beliebigen Bronchenast aus die ganze Lunge aufblasen lasse. Auch Otto Müller[1] konnte diese Tatsache beim Delphin bestätigen, falls er bei einer derartigen Prozedur zuvor den Hauptbronchus unterbunden hatte. Ließ er diese Vorsichtsmaßregel außer acht, so blähte sich nur der Teil auf, in dessen Bronchenast er einblies, gleichgültig, an welcher Lunge und an welcher Stelle. Er schließt daraus, daß erst, wenn der Druck erheblich wird, die große Elastizität der Lunge überwunden und eine freie Verbindung durch die geweiteten Verbindungsöffnungen der Alveolen hergestellt werde. Bei einem dicht vor der Geburt stehenden, aber noch nicht zur Atmung gelangten Delphinfötus hatte er die Lunge vergeblich in dieser Weise mit einer Zelloidinlösung zu füllen versucht. O. Müller ist geneigt, die erwähnten Verbindungsöffnungen zwischen den verschiedenen Lungenregionen beim erwachsenen Delphin durch den Umstand zu erklären, daß hier in der Regel zahlreiche Nematoden in den Bronchenästen gefunden werden, durch welche solche seitlichen Kommunikationen der Bronchen oder deren Alveolarbäumchen veranlaßt würden.

[1] Jenaer Zeitschrift 1898, Bd. 32 S. 110 und 111.

Mir scheint dagegen die Annahme näher zu liegen, daß hier ebenso wie in den Septen benachbarter Alveolen ein und desselben Alveolarganges oder Sacculus auch in den Scheidewänden benachbarter Alveolen, welche verschiedenen Bronchenzweigen angehören, kleine Löcher vorkommen, da hier ja, wie oben erwähnt, keine die einzelnen Lobuli umschließenden und voneinander trennenden derben Bindegewebssepta existieren. Bei stärkerem Injektionsdrucke könnten solche Lücken wohl hinlänglich erweitert werden, um die an einer Stelle injizierte Luft oder andere Injektionsmasse in die Nachbarbezirke und von da weiter durchzulassen.

Von großem Interesse ist ferner ein bei den von mir untersuchten Landsäugetieren noch nicht beobachtetes Verhalten des respiratorischen Kapillarnetzes der Alveolenwände der Tümmlerlunge. Während nämlich bei den bisher studierten Säugetieren das Kapillarnetz der Alveolensepten ebenso wie beim Menschen im wesentlichen einfach, d. h. nahezu in ein und derselben Fläche, ausgebreitet erscheint und nur einzelne Kapillarschlingen mit ihrer Konvexität in die eine oder andere der aneinanderstoßenden Nachbaralveolen vorspringen, kommen hier nicht selten ein und derselben Alveolenscheidewand zwei gesonderte, annähernd parallel liegende Kapillarnetze zu, deren jedes sich an der Innenfläche einer der beiden nebeneinander liegenden Alveolen flach ausbreitet. An Querschnitten der Alveolensepten erkennt man dementsprechend häufig zwischen den beiden Kapillarnetzdurchschnitten deutlich eine mittlere, nur von ganz vereinzelten Verbindungskapillaren quer oder schräg durchsetzte Bindegewebsschicht (Taf. V Fig. 2).

Offenbar hängt dieser auffällige Umstand zusammen mit der (im Verhältnis zu den Landsäugetieren) bedeutenden Dicke der Alveolenscheidewände des Tümmlers. Dabei ist von Interesse, daß die Maschenweite der an den Alveolensepten sich ausbreitenden Kapillarnetze hier nicht erheblich enger ist als an jenen Alveolenwandregionen, welche größeren Bronchen, Blutgefäßen oder der Pleura anliegen. Es ist eben anzunehmen, daß hier nicht wie bei den früher besprochenen Säugetieren die beiden zunächst selbständig angelegten respiratorischen Kapillarnetze benachbarter Alveolen in der Scheidewand sekundär zu einem einzigen verschmolzen, sondern getrennt geblieben sind.

2. Die Lunge der Bartenwale.

Hr. Prof. Max Braun hatte die Güte, für mich während seines Aufenthaltes an der Walstation Lopra bei Vaag auf der Faröerinsel Syderö im Sommer 1906 einige Lungenstücke von zwei Bartenwalen

zu konservieren, nämlich von dem Knölwal, *Megaptera boops* (L.), und dem Seihwal, *Balaenoptera borealis* Lesson.

Auf meinen Wunsch waren die von dem Lungenrande entnommenen, etwa handgroßen Stücke gleich an Ort und Stelle von einzelnen durchschnittenen Bronchen aus mit starkem Alkohol injiziert und in ebensolchem Alkohol aufbewahrt. Der Knölwal war etwa 24 Stunden vor der Verarbeitung, der Seihwal nur wenige Stunden vorher getötet.

Obwohl bei beiden die Ausdehnung des respiratorischen Lungenparenchyms nicht in solcher Vollkommenheit erreicht war, wie sie sich durch vorsichtiges Auftreiben und Erhärten der ganzen Lungen, bzw. einzelner isolierter Lappen von der Trachen bzw. deren Hauptästen aus erzielen läßt, konnte ich doch an geeigneten Durchschnitten eine einigermaßen befriedigende Vorstellung gewinnen von der Gestalt und Größe der respiratorischen Lufträume; und ich hoffe, daß meine hier folgenden aphoristischen Mitteilungen schon deshalb Interesse finden werden, weil bisher nur wenig genaue Angaben über die Bauverhältnisse der Bartenwal-Lungen und speziell über deren respiratorisches Parenchym vorliegen.

Zunächst mögen einige der wichtigsten Tatsachen erwähnt werden, welche bisher über die Form und gröberen Bauverhältnisse der Bartenwal-Lungen bekannt geworden sind.

Alle Autoren stimmen darin überein, daß an den Lungen der Bartenwale keine Lappenbildung vorkommt und daß, ähnlich wie bei den Delphinen, die ganzen Lungen verhältnismäßig flach und langgestreckt sind. Die auffallend dicke und derbe, äußerlich glatte Pleura läßt auf dem Durchschnitt eine festere äußere und eine etwas lockere, von Blut- und Lymphgefäßen reichlicher durchsetzte innere Schicht unterscheiden.

In allen Teilen des respiratorischen Parenchyms und speziell an dem Öffnungsrande der Alveolen ist das elastische Gewebe sehr kräftig entwickelt.

Von den meisten Autoren wird angegeben, daß sich bei den Walen, ebenso wie beim Tümmler, von einem beliebigen Bronchenaste aus die ganze Lunge aufblasen lasse. Dies hat schon im Jahre 1787 Hunter in den Philosoph. Transact. Vol. LXXVII S. 419 mit folgenden Worten behauptet: »The pulmonary cells are smaller than in quadrupeds and they communicate with each other, which those of the quadrupeds do not; for the blowing into the branche of the trachea not only the part of which it immediately goes, but the whole lungs are filled.«

Obwohl hieraus auf eine Kommunikation der Lufträume, sei es der Bronchen, sei es der Alveolargänge, geschlossen werden müßte, fehlt doch der anatomische Nachweis solcher Kommunikationen.

Bei meiner Untersuchung der mir von Hrn. Prof. Braun überlassenen Lungenstücke der obengenannten beiden Bartenwale fiel mir zunächst der Umstand auf, daß sich hier ebenso wie in der Delphinlunge nirgends jene platten Bindegewebssepta erkennen lassen, welche bei den meisten übrigen Säugetieren, das Lungenparenchym durchsetzend, größere und kleinere Teilstücke und schließlich die einzelnen Lobuli abgrenzen. Die ganze Schnittfläche erscheint vielmehr (von den Durchschnitten der Bronchen und der Blutgefäße abgesehen) nahezu gleichmäßig porös, ähnlich wie bei einer lockeren Brotkrume.

Die derbe Pleura zeigt an den in Spiritus gehärteten Stücken noch eine Dicke von 3—4 mm und läßt besonders in ihrer inneren, etwas lockeren Schicht zahlreiche Durchschnitte von Blut- und Lymphgefäßen erkennen, während die äußere Schicht ein mehr gleichmäßiges, dichteres Gefüge aufweist. Bei *Megaptera* ist die Pleura übrigens erheblich dicker (durchschnittlich 4 mm) als bei *Balaenoptera* (etwa 3 mm). Die äußere Pleuraoberfläche ist überall ganz glatt.

An senkrecht zur Pleura gelegten Durchschnitten der Lungenstücke von *Megaptera boops* gelang es mir besonders gut, einige der letzten Bronchiolen nebst ihren zugehörigen Alveolarbäumchen so deutlich zur Anschauung zu bringen, daß man schon mit freiem Auge, besser noch mit der stereoskopischen Doppellupe, die Verzweigung der letzten Luftwege bis an die Pleura sicher verfolgen und auch die zugehörigen Alveolen ohne weiteres erkennen konnte.

Ein solcher »Anschnitt« ist auf Taf. V in Fig. 3 in sechsfacher Vergrößerung abgebildet. Man sieht hier im unteren Teil des Bildes einen durch seine gleichmäßig glatte Innenfläche ausgezeichneten kleinen Bronchenast, welcher sich in drei kurze Bronchioli von nahezu gleicher Beschaffenheit teilt. Als eine direkte Fortsetzung jedes dieser drei Bronchioli erscheint je ein Alveolarbäumchen, dessen Stamm außer einigen Seitenästen und direkt einmündenden Sacculi auch hier und da schon mit einfachen Alveolen besetzt ist, aber zwischen diesen Einmündungsöffnungen noch ziemlich breite Septalränder zeigt. Wir haben es demnach zunächst noch mit einem als *Bronchiolus respiratorius* zu bezeichnenden Übergangsstück zwischen reinen Luftleitungswegen und reinem respiratorischem Parenchym zu tun. Allmählich werden aber diese Septalränder zwischen den einmündenden Sacculi und Alveolen immer schmaler und scharfkantiger, bis schließlich ein einfacher oder verzweigter Alveolargang entsteht, welcher vollständig ringsum nur noch mit einmündenden Sacculi oder einfachen Alveolen besetzt ist und daher in allen seinen Teilen ausschließlich der Respiration dient, — ein Verhältnis, wie es ja den meisten bekannten Säugetieren zu-

kommt. Übrigens lassen sich die gleichen Bauverhältnisse des respiratorischen Parenchyms auch bei der Lunge von *Balaenoptera borealis* nachweisen.

Die Ausdehnung der Alveolarbäumchen (vom Ende des Bronchiolus verus bis zu der äußersten Verzweigungsgrenze gemessen) finde ich bei *Megaptera boops* 6—8 mm, bei *Balaenoptera borealis* bis 9 mm. Bei beiden Tieren reichen die Stützknorpel nur bis an das Ende der Bronchioli veri. Die Bronchioli respiratorii enthalten auch in den verdickten Rändern der in das Lumen vorspringenden Leisten keine Knorpel, sondern nur noch starke Ring- und Netzbalken elastischen Gewebes. Es ist daher verständlich, daß die Stützknorpel der Luftwege hier stets 6—9 mm von der Pleura entfernt bleiben, während sie ja beim Tümmler bis auf $\frac{1}{2}$ mm an die Pleura hinanrücken.

Während das Lumen der (wahrscheinlich in starker Kontraktion befindlichen) letzten Bronchiolen nur etwa $\frac{1}{2}$ mm beträgt, erscheinen die Bronchioli respiratorii erheblich weiter, nämlich 1—1$\frac{1}{2}$ mm im Durchmesser. Nahezu die gleiche Weite wie diese letzteren zeigen auch die Alveolargänge, während deren letzte Ausläufer, die Sacculi, einen etwas geringeren Querdurchmesser haben.

Die Weite der Alveolen genau festzustellen ist bei den mir vorliegenden Stücken wegen der sehr ungleichmäßigen und im ganzen geringen Ausdehnung der letzten Lufträume schwierig. Bei *Megaptera boops* habe ich ihre Breite nach zahlreichen Messungen zu durchschnittlich 300 μ bestimmt. Bei *Balaenoptera* erscheint der Durchmesser jedoch etwas kleiner. Immerhin wird man nicht die Alveolen der Wale, wie Hunter, als »smaller than in quadrupeds« bezeichnen dürfen. Sie sind zweifellos erheblich größer als beim Delphin und auch beim Menschen. Besonders tief finde ich bei beiden untersuchten Walen die an die Pleura anstoßenden Alveolen; am flachsten sind sie, wie ja auch bei anderen Säugetieren, an den Bronchioli respiratorii und da, wo sie mit ihrem Fundus größeren Gefäßen oder Bronchenzweigen anliegen.

Ob Löcher in den Alveolenscheidewänden vorkommen, habe ich nicht entscheiden können. Der Angabe früherer Autoren, welche behaupteten, von jedem beliebigen Bronchenaste aus die ganze Wallunge aufgeblasen zu haben, steht die folgende Mitteilung gegenüber, welche mir Hr. Prof. M. Braun auf meine Anfrage zu machen die Güte hatte. Er schreibt: »Die Injektionen der Ihnen übersandten Stücke (mit Alkohol) von Wal-Lungen geschah in beiden Fällen von angeschnittenen Bronchen aus, die auf der Schnittfläche ein wenig hervorstanden. Von ihnen ließ sich immer nur ein bestimmter Bezirk füllen; es fiel mir dies auf, da mir die gegenteiligen Angaben

bekannt waren. Da ich jedoch nur Randstücke benutzte, nahm ich an, daß hier am Rande solche Verbindungen zwischen benachbarten Bronchen fehlen. Ob sie anderswo vorkommen, habe ich freilich nicht festgestellt.«

Erklärung der Tafel V.

Figur 1. Schnitt aus der Lunge von *Phocaena phocaena* (L.) mit einem Teil der Pleura; nach einer Photographie. Vergrößerung: $\frac{50}{1}$.

Figur 2. Schnitt durch eine von der Art. pulm. mit Berlinerblauleim injizierte Tümmlerlunge. Vergrößerung: $\frac{100}{1}$.

Figur 3. Anschnitt eines Lungenstückes mit der Pleura von *Megaptera boops* Fabr. Vergrößerung: $\frac{6}{1}$.

Ausgegeben am 4. Juni.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

Fig. 1.

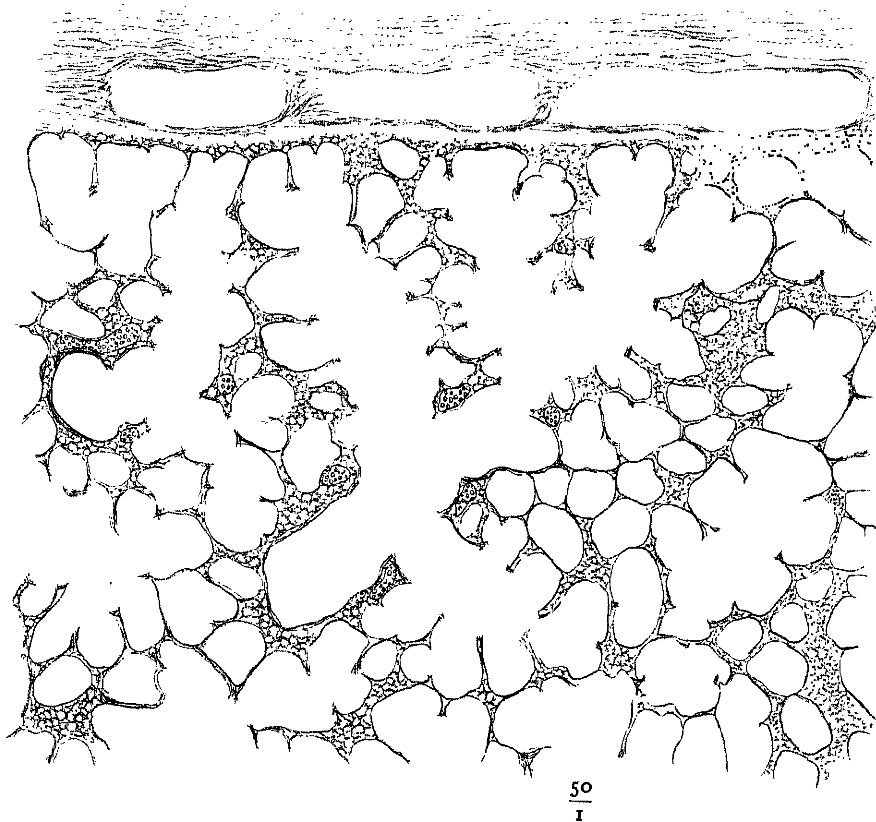


Fig. 2.

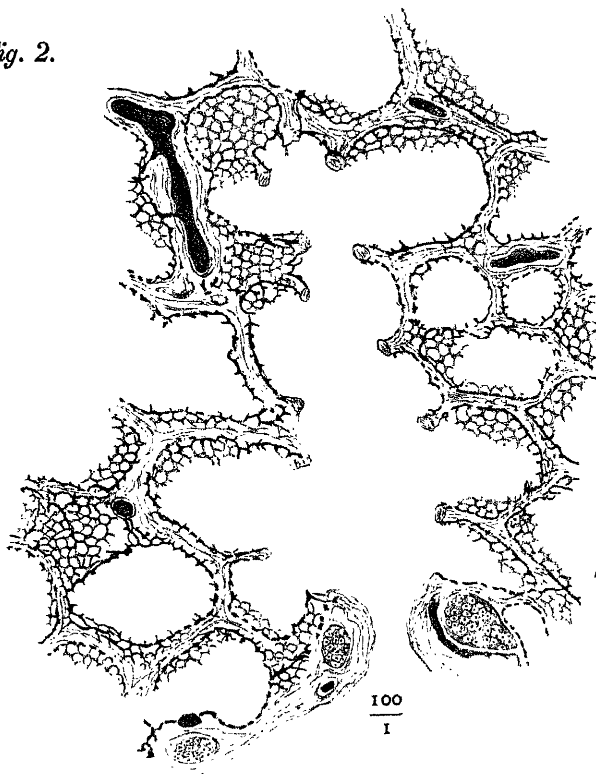
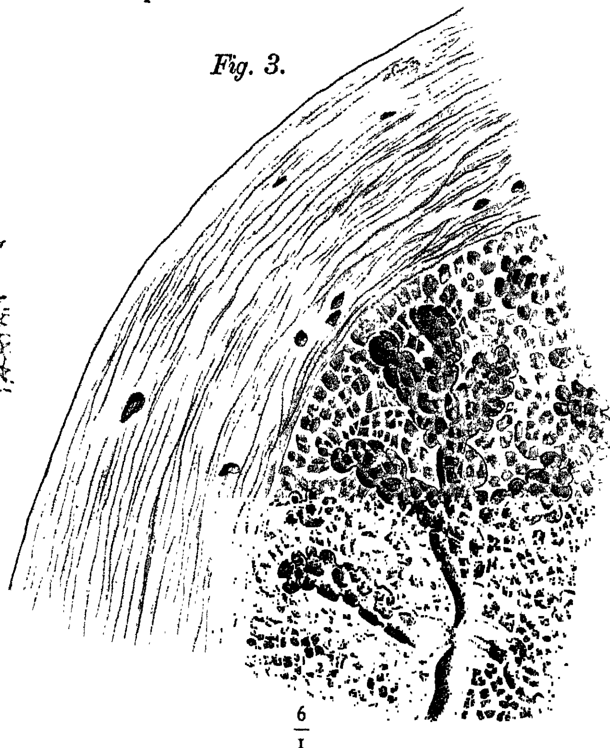


Fig. 3.



F. E. Schulze: Zur Anatomie der Cetaceenlunge.

SITZUNGSBERICHTE 1908.

XXIX.

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

4. Juni. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Vahlen.

1. Hr. Meyer las über die Bedeutung der Erschliessung des alten Orients für die geschichtliche Methode und für die Anfänge des Menschengeschlechts überhaupt. (Ersch. später.)

1. Die Bestätigung, welche die Ergebnisse der historischen Forschung und die Reconstruction ganzer Epochen, von denen keine oder nur unzureichende Kunde vorlag, durch neuere Funde gewonnen haben, enthält zugleich einen experimentellen Beweis für die Berechtigung und Zuverlässigkeit der historischen Methode. 2. Die Entwickelung der Culturvölker und die Überreste, welche aus den älteren Entwickelungsstadien menschlichen Lebens vorliegen, beweisen übereinstimmend, dass rund um 5000 v. Chr. die physische und psychische Entwickelung des Menschen so weit fortgeschritten war, dass er die Bahnen betreten konnte, die zu höherer Cultur führten. Ältere Ansätze zeigt die paläolithische Cultur des Magdalénien; was vorher liegt (die Eolithenzeit), gehört nicht mehr dem Menschen, sondern den Vorstufen menschlicher Entwickelung an.

2. Hr. Frobenius legt eine Abhandlung des Hrn. Dr. Schur vor: Über die Darstellung der symmetrischen Gruppe durch lineare homogene Substitutionen. (Ersch. später.)

Jede Gruppe linearer homogener Substitutionen, die der symmetrischen Gruppe irgend eines Grades isomorph ist, lässt sich als Gruppe mit ganzzahligen Coefficienten darstellen.

3. Hr. Erman überreichte den Bericht des Hrn. Dr. G. Möller in Berlin über seine Aufnahme der Felseninschriften von Hatnub. (Ersch. später.)

4. Folgende Druckschriften wurden vorgelegt: von dem Unternehmen der Acta Borussica: Das Preussische Münzwesen im 18. Jahrhundert. Münzgeschichtlicher Teil. Bd. 2. Bearb. von G. Schmoller und F. Freiherrn von Schrötter. Berlin 1908; die mit Unterstützung der Akademie bearbeiteten Werke H. Glagau, Reformversuche und Sturz des Absolutismus in Frankreich (1774—1788). München und Berlin 1908 und Lycophronis Alexandra rec. E. Scheer. Vol. II. Scholia continens. Berolini 1908; ferner J. Vahlen, Opuscula academica. Pars 2. Lipsiae 1908, Q. Horatii Flacci opera a M. Hauptio recognita. Ed. 5.

ab J. Vahleno curata. Lipsiae 1908 und H. Brunner, Grundzüge der deutschen Rechtsgeschichte. 3. Aufl. Leipzig 1908.

5. Zu wissenschaftlichen Unternehmungen hat die Akademie bewilligt für die Zwecke der interakademischen Leibniz-Ausgabe 2500 Mark;

weiter durch die physikalisch-mathematische Classe: Hrn. Engler zur Fortführung des Werkes »Das Pflanzenreich« 2300 Mark; zum Ankauf der im Nachlass des verstorbenen Prof. Dr. O. Lassar befindlichen Radiumpräparate 1400 Mark; der Interakademischen Centralcommission für Hirnforschung zur Bearbeitung einer internationalen Nomenclatur des Centralnervensystems 1000 Mark; dem von dem 2. Deutschen Kalitage für die wissenschaftliche Erforschung der norddeutschen Kalisalzlager eingesetzten Comité 1000 Mark; dem Institut Marey in Boulogne s. S. gegen Einräumung eines von der Akademie zu vergebenden Arbeitsplatzes für die Dauer eines Jahres 1000 Frcs.; Hrn. Prof. Dr. Julius Bauschinger in Berlin zur Berechnung einer achtstelligen Logarithmentafel 4000 Mark; Hrn. Prof. Dr. Erich von Drygalski in München zur Vollendung des Chinawerkes von Ferdinand von Richthofen 1500 Mark; Hrn. Prof. Dr. Wilhelm Foerster in Berlin zur abschliessenden Bearbeitung und Veröffentlichung einiger astronomischen Beobachtungsreihen 800 Mark; Hrn. Dr. Walter Gothan in Berlin zu Untersuchungen über das Fünfkirchener Steinkohlenlager 800 Mark; Hrn. Prof. Dr. O. Hecker in Potsdam zu Versuchen über Schweremessungen auf See 1500 Mark; Hrn. Dr. Otto Kalischer in Berlin zur Fortsetzung seiner Untersuchungen über das Hörorgan 500 Mark; Hrn. Dr. Ludwig Keilhack in Berlin zu einer zoologischen Erforschung der Gebirgsseen der Dauphiné-Alpen 500 Mark; Hrn. Privatdocenten Dr. Alfred Lohmann in Marburg zur Fortsetzung seiner Untersuchungen über die Nebenniere 1000 Mark; Hrn. Prof. Dr. Wilibald A. Nagel in Berlin zu einer akustisch-phonetischen Untersuchung 1000 Mark; Hrn. Privatdocenten Dr. Max Rothmann in Berlin für Versuche zur Erforschung der Function ganzer Grosshirnhemisphären 500 Mark; Hrn. Prof. Dr. Adolf Schmidt in Potsdam zu Versuchen über magnetische Messungen auf hoher See 1500 Mark; Hrn. Privatdocenten Dr. Felix Tannhäuser in Berlin zur chemischen Untersuchung der bei Erforschung des Neuroder Gabbrozuges gefundenen Gesteine 600 Mark;

durch die philosophisch-historische Classe: Hrn. Koser zur Fortführung der Herausgabe der Politischen Correspondenz Friedrich's des Grossen 6000 Mark; Hrn. von Wilamowitz-Moellendorff zur Fortführung der Inscriptiones Graecae 5000 Mark; der Deutschen Commission zur Fortführung ihrer Unternehmungen 3000 Mark; für die Bearbeitung des Thesaurus linguae Latinae über den etatsmässigen Beitrag von 5000 Mark hinaus noch 1000 Mark.

Die Magenstraße.

Von W. Waldeyer.

(Vorgetragen in der Sitzung am 2. April 1908 [s. oben S. 391].)

Unter der Bezeichnung »Magenstraße« habe ich bereits seit einigen Jahren eine Einrichtung am menschlichen Magen verstanden, die durch eine besondere Anordnung der bekannten großen Schleimhautfalten des Organs längs der kleinen Kurvatur gekennzeichnet ist. Der Verlauf der Falten hier ist in der Regel ein solcher, daß er einen »Weg« oder eine »Straße« markiert, längs der flüssige oder dünnbreiige Materialien besonders leicht von der Cardia zum Pylorus gelangen können.

In der jüngsten Zeit, in der durch eine ganze Reihe eingehender und gründlicher Studien die fast als abgeschlossen angesehene beschreibende Anatomie des menschlichen Magens wieder neu belebt wurde, ist man auf verschiedene Einrichtungen gestoßen, welche es wahrscheinlich machen, daß längs der kleinen Kurvatur eine Bahn bestehe, in der sich Ingesta auch bei gefülltem oder fast gefülltem Magen, namentlich wenn sie flüssig sind, in der Richtung von der Cardia zum Pylorus noch fortbewegen können. Dieser Einrichtungen sind mehrere, die alle auf dies Ziel hin gerichtet erscheinen. Die von mir hier zu beschreibende ist eine von ihnen; auf sie ist bisher noch kaum aufmerksam gemacht worden. Ich muß, ehe ich auf sie näher eingehe, auch der übrigen hierher zu rechnenden Befunde gedenken, um scharf zu sondern. Vorab will ich aber einer physiologischen Tatsache Erwähnung tun, welche sehr wichtig und interessant erscheint und zugleich zeigt, daß eine anatomische Einrichtung derart, wie sie benannt wurde, eine Art »Magenstraße«, bestehen muß.

In einem am 5. November 1907 zu Heidelberg gehaltenen Vortrage teilte O. Cohnheim mit[1], daß er bei Hunden mit vollem Magen Wasser oder Kochsalzlösung, welche neu aufgenommen wurden, rasch durch

[1] Cohnheim, O., Beobachtungen über Magenverdauung. Münchener Mediz. Wochenschrift Nr. 52, 1907. Siehe auch das Referat in der Deutschen Mediz. Wochenschrift, Vereinsbeilage vom 9. Januar 1908.

den Pylorus habe ablaufen sehen (Beobachtungen durch eine Duodenalfistel). Der betreffende Passus, den ich seines Interesses wegen wörtlich hersetzen möchte, lautet — S. 6 a. a. O. —: »Sehr überrascht war ich, als ich Hunde auf vollen Magen Wasser oder Kochsalzlösung saufen ließ oder ihnen die Flüssigkeiten mit der Schlundsonde in den vollen Magen einflößte. Ich hatte erwartet, daß das Wasser sich mit dem Mageninhalt vermischen und so ziemlich lange im Magen verweilen würde. Statt dessen lief es völlig klar und fast ohne sich mit dem sauren Inhalt zu vermengen, in raschen Schüssen durch den Pylorus ab. Offenbar läuft es auf einem kurzen Wege längs der kleinen Kurvatur von der Cardia bis zum Antrum pylori. Unterdessen hat Kaufmann festgestellt, daß hier in der Tat eine Rinne anatomisch vorgebildet ist.«

Des weiteren macht O. Cohnheim auf die physiologische Bedeutung, welche die mitgeteilte Beobachtung hat, in Kürze aufmerksam. Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß in der Diskussion zum Cohnheimschen Vortrage Prof. Ernst mitteilte, er habe bei Sektionen von Menschen, die nur eine kleine Menge einer ätzenden Flüssigkeit getrunken hatten, die Ätzungen im Magen auf die kleine Kurvatur beschränkt gefunden.

Kaufmanns Arbeit[1], auf welche Cohnheim verweist, bespricht eingehend die Magenmuskulatur und zeigt, daß sich durch die Kontraktion der Fibrae obliquae eine Art Rinne am Magen bilde, welche längs der kleinen Kurvatur von der Cardia zum Pylorus führt.

Indessen ist Kaufmann nicht der erste, welcher auf eine solche Rinnenbildung im Gebiete der kleinen Kurvatur aufmerksam macht. Den Anfang ihrer Beachtung müssen wir bereits bei Anders Retzius[2] suchen, worauf auch mit Recht außer Kaufmann C. Hasse und F. Strecker[3] in ihrer gründlichen Arbeit über den menschlichen Magen hinweisen. Die betreffende Stelle findet sich S. 136 der Arbeit Gyllenskoelds, welche auf Grund der Vorlesungen von Anders Retzius nach dessen Tode herausgegeben wurde. Auch in den weiter unten zitierten Arbeiten Luschkas findet sich eine ähnliche Angabe. Aus Kaufmanns eingehender Arbeit gestatte ich mir wörtlich folgenden Passus mitzuteilen (S. 234): »Die längs der kleinen Kurvatur verlaufende tiefe und stark modellierte Rinne erweckt infolge ihres Verlaufes bis in die Pars py-

---

[1] Kaufmann, R., Anatomisch-experimentelle Studien über die Magenmuskulatur (Über die Rinnenbildung an der kleinen Kurvatur), Zeitschrift für Heilkunde, XXVIII. Bd. (neue Folge, Bd. VIII), Jahrg. 1907, Heft 7, S. 203. (Aus dem I. Anat. Inst. in Wien, Prof. Zuckerkandl.)

[2] Siehe bei Gyllenskoeld, O., Über die Fibrae obliquae in dem Magen. Archiv f. Anatomie und Physiologie, herausgegeben von Joh. Müller, 1862, S. 132.

[3] Hasse, C., und Cand. med. F. Strecker: Der menschliche Magen. Archiv f. Anatomie und Physiologie, Anatomische Abteilung, Jahrg. 1905, S. 33. Siehe auch Anatomischer Anzeiger 1904, Bd. XXV. (Vorläufige Mitteilung.)

lorica den Eindruck, als ob ihrer Ausbildung eine wichtige Rolle bei der Leitung der Ingesta und der Einteilung derselben im Magen zufiele« usw. Später sagt noch KAUFMANN: »Es erscheint ferner durchaus möglich, daß sich diese Rinne durch isolierte Kontraktion der Mm. obliqui zeitweise zu einem vollständig geschlossenen Kanale umgestaltet.«

Bei der Wichtigkeit der Angaben von HASSE und STRECKER, die auch auf die vergleichend-anatomische Seite der betreffenden Einrichtung Rücksicht nehmen, will ich gleichfalls zum Teil wörtlich zitieren. Ich muß voraufschicken, daß wir zwei bedeutsame faltenförmige Vorsprünge an der Innenwand des Magens zu unterscheiden haben: die Plica cardiaca, W. BRAUNE und die Plica pancreatico-angularis C. HASSE. Die Plica cardiaca entspricht der Incisura cardiaca (zwischen pars cardiaca und Fundus des Magens), die Plica pancreatico-angularis beginnt, bedingt durch die von HIS[1] so benannte Incisura angularis, an der kleinen Kurvatur und entspricht dann weiterhin einer Hervorwölbung der hinteren Magenwand durch den Pankreaskörper. Sie ist schon bei RÜDINGER in dessen Topographisch-chirurgischer Anatomie an einigen Figuren ersichtlich, insbesondere jedoch bei HIS a. a. O. in dessen instruktiver Abbildung Fig. 17 klar dargestellt, wird aber erst von HASSE und STRECKER a. a. O. S. 37 benannt und eingehender gewürdigt; sie teilt den Binnenraum des Magens in den des Hauptmagens[2], Cavum sacci ventriculi HASSE und STRECKER (links) und in das Cavum partis pyloricae HASSE und STRECKER (rechts).

Füllt sich der Magen, so gerät er immer mehr in eine senkrechte Stellung, was sich insbesondere an der Stellung der beiden Kurvaturen ausprägt; zugleich bewegt er sich nach vorn abwärts und nach links seitwärts sowie auch nach rechts, welche letztgenannte Lageänderung eine Verkürzung der Pars pylorica zur Folge hat (s. hierzu HASSE und STRECKER a. a. O. S. 47).

Alles dieses bedingt nach denselben Autoren, S. 50/51, eine wichtige Stellungsänderung der Plica pancreatico-angularis. Steht sie im leeren Magen nahezu horizontal, so nimmt sie mit zunehmender Füllung eine mehr senkrechte Richtung an von oben rechts nach unten links. Bei horizontaler Stellung bildet sie eine Barre für das Abfließen des Inhalts nach abwärts, sie begünstigt vielmehr dessen Bewegung gegen den Fundus hin; bei mehr senkrechter Stellung dieser barrenartigen Falte wird der Weg von der Speiseröhre zum unteren linken Teile des

[1] HIS, W. (sen.), Studien an gehärteten Leichen über Form und Lagerung des menschlichen Magens. Archiv f. Anatomie und Physiologie, Anatom. Abt. 1903, S. 345 ff.

[2] Unter der Bezeichnung »Hauptmagen« versteht HIS a. a. O. den Fundus mit dem Corpus ventriculi.

Corpus ventriculi frei, und der eindringende Inhalt muß vom Fundus abgelenkt werden. Dies geschieht aber auch noch durch die Ausweitung des Fundus selbst, in den ja anfänglich die Ingesta eingeleitet wurden. Der sich weitende Fundus richtet sich nämlich zur linken Zwerchfellkuppel auf[1]; dadurch muß die Incisura cardiaca schärfer abgeknickt werden, und die ihr entsprechende Plica cardiaca muß stärker gegen das Cavum sacci ventriculi vorspringen, und es muß auch hierdurch der direkte Eintritt von Ingestis von der Cardia zum Fundus verhindert werden. Darin sieht Hasse die Hauptbedeutung der Plica cardiaca, nicht darin, daß sie, wie W. Braune wollte, ein Ventil für das Antrum cardiacum darstelle.

Nun — und das ist für das hier besprochene Thema der Hauptpunkt — entstehen aber mit der Füllung des Magens und durch dieselbe zwei einander parallel laufende Falten, die entlang der kleinen Kurvatur eine Rinne begrenzen. »Dieselben entstehen«, heißt es bei Hasse und Strecker S. 52, »an der Hinterinnenwand des Magenkörpers unterhalb der Plica cardiaca und oberhalb der Plica pancreatico-angularis im Bereiche der kleinen Magenkrümmung«, die eine Falte, Plica aortica H. u. Str., links hinten, die andere, Plica hepatica H. u. Str., rechts vorne. »Sie entstehen« — S. 52 a. a. O. — »dadurch, daß bei der Erweiterung des Magens nach innen und rechts die Wand sich zwischen die Aorta und den Spieghelschen Lappen der Leber einbuchtet, und zwar unter Verdrängung des Bindegewebes des Magengekröses. Damit entsteht zwischen den beiden Falten eine schon von Anders Retzius geahnte[2] Rinne (Sulcus gastricus s. Sulcus salivalis), welche sich von der Cardia abwärts zur Plica pancreatico-angularis erstreckt und mit der Füllung des Magens an Tiefe gewinnt. Bei mäßig gefülltem Magen leitet auch sie den Speiseröhreninhalt nach abwärts in den Magenkörper. Bei stärkerer Füllung schließt sich die Rinne immer mehr, und zwar durch Annäherung der Ränder der immer höher werdenden Falten, und schließlich entsteht ein aus dem Antrum cardiacum nach abwärts führender Kanal, der Canalis salivalis, welcher an der Plica pancreatico-angularis immer offen dem Speichel den Zutritt zu dem Magen gestattet, sonst aber gegenüber dem Mageninhalt abgeschlossen ist.«

Weiterhin vergleichen Hasse und Strecker den Sulcus gastricus des Menschen mit der Schlundrinne des Magens der Wiederkäuer, ein Vergleich, dem ich durchaus zustimmen möchte.

---

[1] Hasse und Strecker, a. a. O. S. 51, machen insbesondere den Gegendruck der Eingeweide in der Umgebung des sich füllenden Magens für die Erhebung und Ausdehnung des Fundus verantwortlich.

[2] Ich finde, daß sich Retzius-Gyllenskoeld, wenigstens an der vorhin angeführten Stelle, ganz bestimmt aussprechen.

Kurz nach Veröffentlichung der eben angezogenen gemeinsamen Arbeit mit seinem Lehrer HASSE behandelt STRECKER[1] den Verschluß der Cardia und kommt dabei auch auf die Bildung des »Canalis salivalis« zu sprechen. Außer A. RETZIUS zitiert STRECKER nach POENSGENS wertvollem Buche[2], auf welches ich mit STRECKER als Fundgrube für die Literatur verweisen will, das Werk von KÜSS und DUVAL[3], welche annehmen, daß durch die Kontraktion der Fibrae obliquae die Region der kleinen Kurvatur in einen von der Cardia zum Pförtner gehenden Kanal umgewandelt werden könne, durch welchen die Flüssigkeiten direkt in das Duodenum gelangen könnten.

STRECKER selbst (s. S. 285 a. a. O.) legt in seiner Arbeit, so scheint mir, auch mehr Gewicht auf die Fibrae obliquae für die Herstellung eines Sulcus (s. Canalis) salivalis als auf die beiden Falten, die Plica aortica und hepatica, die sich durch die Einlagerung der Magenwand zwischen Leber und Aorta abdominalis herausheben; nur in der Zusammenfassung am Schlusse kommt er mit den kurzen Worten: »Formänderungen und Cardiaverschluß werden zu gleicher Zeit begünstigt durch die Einlagerung zwischen Leber und Aorta« auf diese Falten zurück. KAUFMANNS und meiner Meinung nach ist gleichfalls das Hauptgewicht auf die Fibrae obliquae zu legen.

Haben wir in der Bildung des Sulcus gastricus oder salivalis ein Moment gesehen, welches einen Weg offen hält, den die von der Speiseröhre eintretenden Ingesta, namentlich wenn sie flüssig sind und wenn sie bei schon einigermaßen gefülltem Magen noch hinzutreten, nehmen können, so läßt sich ein zweites Moment in der Stellung[4] finden, die der normal gelagerte Magen des Menschen bei seiner Füllung einnimmt.

Erinnere ich mich recht, so war LUSCHKA[5] der erste, welcher auf die mehr senkrechte Stellung des Magenkörpers im großen und ganzen als normalen Befund hingewiesen hat. Seit wir die Gefrier- und For-

---

[1] STRECKER, FR., Über den Verschluß der Cardia. Archiv für Anatomie und Physiologie, anatomische Abteilung. Jahrgang 1905, S. 273.

[2] POENSGEN, E., Die motorischen Verrichtungen des menschlichen Magens und ihre Störungen. Straßburg (Els.) 1882. K. J. Trübner.

[3] KÜSS et DUVAL, M., Cours de Physiologie, Paris 1879.

[4] Man sollte, wenn es sich darum handelt, die Richtung der Hauptachse (der »Führungslinie«, s. w. u.) des Magens anzugeben, nicht von der »Lage« des Magens, sondern von der »Stellung« desselben sprechen. Es ist dies in den bisherigen Publikationen nicht immer so gehalten worden. Freilich werden mit der Stellung auch die sonstigen Lageverhältnisse des Magens verändert, und die Stellung des Organs wird wieder durch dessen Nachbarorgane beeinflußt. Immerhin ist jedoch das Wort »Stellung« da zu empfehlen, wo es paßt.

[5] LUSCHKA, H., a) Die Anatomie des Menschen mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der praktischen Heilkunde. Bd. II, Abt. 1, »Der Bauch«, S. 182. Tübingen 1863. — b) Die Lage des menschlichen Magens. Prager Vierteljahrsschrift für Heilkunde 1869, S. 114. — c) Die Lage der Bauchorgane des Menschen. Fol. Karlsruhe 1873.

molpräparate zu verwerten gelernt haben und insbesondere seit die Radiographie uns die Lage beim Lebenden erkennen läßt, sind wir über die normale Stellung und Lage des Magens besser unterrichtet; doch sind die Autoren über alle Punkte noch nicht völlig einig, namentlich nicht über den Grad der Schrägstellung der Führungslinie[1] des Magens im leeren und gefüllten Zustande. Nach eigenen Befunden bei Erwachsenen, die ich während einer langjährigen Präpariersaalpraxis in großer Zahl erheben konnte, erachte ich für die gewöhnliche normale diejenige Stellung, die der Führungslinie von der Cardia bis zur Incisura angularis einen mehr oder weniger schrägen, von links oben nach rechts unten gewendeten Verlauf gibt, wobei gleichzeitig die kleine Kurvatur in leichtem Bogen um die Wirbelsäule herumgeschlungen ist. Die Rinne, welche bei leerem Magen schon durch den Übergang der vorderen in die hintere Magenwand an der genannten Kurvatur entstehen muß, bildet bei dieser Stellung eine natürliche Fortsetzung des Speiseröhrenlumens bis zur Pars pylorica hin. Der Grad der schrägen Stellung wechselt nach den einzelnen Individuen und nähert sich mit der Füllung des Magens mehr der senkrechten. Aus der neueren Literatur will ich zu diesem Punkte nur auf die Arbeiten von Addison[2], Birmingham[3], Cunningham[4], Hasse und Strecker[5], His sen.[6], Kümmel[7], Luschka[8], Meinert[9], Ponfick[10] und Strecker[11] verweisen.

---

[1] Ich verstehe unter »Führungslinie« des Magens eine Linie, welche von der Mitte des Ostium cardiacum zur Mitte des Ostium pyloricum durch das Cavum ventriculi so gezogen wird, daß sie auf jedem Magenquerschnitt dessen Mitte einnimmt. Die Linie hat also eine ähnliche Bedeutung wie die Führungslinie des Beckens.

[2] Addison, Chr., On the topographical anatomy of the abdominal viscera in man, especially the gastrointestinal Canal. Journal of anatomy and physiology. Bd. 33 u. Bd. 35, London 1899 u. 1901. Siehe insbesondere S. 582 und Fig. 3a, Bd. 33.

[3] Birmingham, A., Some points in the anatomy of the digestive system. Journal of anatomy and physiology. Bd. 35, 1901, S. 33.

[4] Cunningham, D. J., The varying form of the Stomach in man and the anthropoid Ape. Transact. Royal Soc. of Edinburgh. Bd. XLV, Teil I (Nr. 2), Edinburgh 1906, S. 9.

[5] Hasse und Strecker a. a. O.

[6] His sen. a. a. O.

[7] Kümmel, Demonstration von Röntgenbildern, aufgenommen an Lebenden. Sitzung des Ärztlichen Vereins in Hamburg vom 11. Dezember 1906. Deutsche medizinische Wochenschrift Nr. 16 vom 18. April 1907, Vereinsbeilage.

[8] Luschka, H., a. a. O.

[9] Meinert, Über normale und pathologische Lage des menschlichen Magens und ihren Nachweis. Zentralblatt für innere Medizin 1896, Nr. 12 u. 13 (17. Jahrgang).

[10] Ponfick, E., Über Lage und Gestalt des Magens unter normalen und pathologischen Verhältnissen. Berliner klinische Wochenschrift, 42. Jahrgang, 1905, Nr. 44a (Festnummer für A. Ewald zum 60. Geburtstage).

[11] Strecker, Fr., a. a. O.

HASSE und STRECKER (a. a. O. S. 37) sagen, daß der Hauptmagen stets mehr in der vertikalen, der Pförtnerabschnitt mehr in der horizontalen Ebene liege; aber es wird dabei ausdrücklich bemerkt, daß die senkrechte Stellung sich mehr beim gefüllten Magen zeige als beim leeren: »Der sich füllende Magen gerät immer mehr in eine senkrechte Stellung« (a. a. O. S. 46. 47). Hervorheben möchte ich besonders, als mit meinen vorhin angegebenen Befunden übereinstimmend, noch die Angabe STRECKERS a. a. O. S. 295, wo es heißt: »Die kleine Kurvatur wendet sich nach links und hinten und setzt so gewissermaßen den vertikalen Verlauf der Speiseröhre fort.«

ADDISON, MEINERT, PONFICK und KÜMMEL stimmen im ganzen LUSCHKA bei, der die senkrechte Stellung des Hauptmagens am meisten akzentuiert hat, vgl. insbesondere LUSCHKAS Abbildung in der Prager Vierteljahrsschrift a. a. O. Mir scheint, daß LUSCHKA die Stellung zu steil nimmt, auch unterscheidet er nicht zwischen der Stellung des fast leeren — gänzlich leer ist der Magen ja nie, da er immerfort Mundflüssigkeit und Schleim beherbergt — und der des gefüllten Magens.

ADDISONS Abbildung zeigt eine weniger senkrechte Stellung.

KÜMMEL gibt nach Röntgenbildern eine leicht schräge bis senkrechte Stellung des Hauptmagens an; am Übergange des Pylorus in das Duodenum bestehe meist eine deutliche Abbiegung nach oben.

MEINERT und PONFICK nehmen für die Mehrzahl der Fälle auch die von LUSCHKA angegebene senkrechte Stellung als die normale an.

Abweichend von diesen Angaben lauten die Darstellungen von HIS, CUNNINGHAM und zum Teil auch von BIRMINGHAM. HIS läßt, wenigstens für den leeren Magen, eine im großen und ganzen horizontale Stellungsachse die normale sein. Die beiden großen Magenflächen sehen die eine nach oben, die andere nach unten, die Kurvaturen nach hinten (die kleine) und nach vorn (die große), die letztere liegt ein wenig höher als die kleine; die obere Magenfläche senkt sich leicht von der Cardia zum Pylorus hin. CUNNINGHAM hat bereits mehrere Jahre zuvor durch Rekonstruktion bei dem leeren Magen genau dieselbe Stellung und Lagerung gefunden. Für den vollen Magen gibt HIS im wesentlichen dieselben Daten, wie sie vorhin von mir mitgeteilt wurden, d. h. also, er findet die Stellung desselben schräg, der senkrechten mehr oder weniger genähert. So spricht sich auch in der Hauptsache BIRMINGHAM aus.

CUNNINGHAM, obwohl er zugibt, daß diese schräge Stellung des gefüllten Magens vorkomme und vielleicht gar die häufigere sei, betont doch in seiner wichtigen Publikation, daß sie nicht die einzige sei, die dem gefüllten Magen unter sonstigen normalen Verhältnissen zuerkannt werden müsse. In 6 unter 7 bei sorgfältiger Präparation

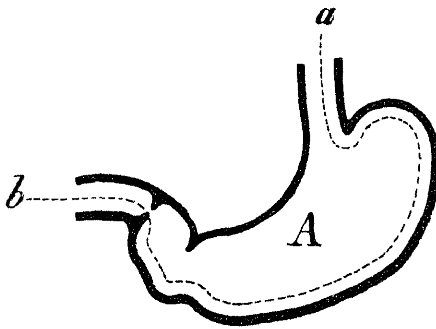
untersuchten Fällen habe der volle Magen dieselbe horizontale Stellung beibehalten gehabt wie der leere; es verlor indessen bei stärkerer Füllung die obere Fläche zum größeren Teile ihre nach rechts gesenkte Abdachung; nur soweit diese Fläche die Leber berührte, behielt sie die Abdachung bei. Mit ihrem größten Teile lagen beide großen Magenflächen horizontal, und die große Kurvatur war nach vorn gegen die vordere Bauchwand gewendet, die sie berührte. Berücksichtigt man die den Magen umgebenden Organe, die zu einem gewissen Grade, wie Cunningham des näheren darlegt, dem Magen seine Lage und Stellung aufzwingen, so ist leicht einzusehen, daß die Stellung auch in ihrer Norm eine gewisse Variationsbreite zeigen wird, worauf auch Ponfick hinauskommt.

Die Durchsicht der Literatur führt uns, wie aus dem Mitgeteilten hervorgeht, zu dem merkwürdigen Ergebnisse, daß mehrere neuere Arbeiten dem Magen wieder diejenige Stellung anweisen — die horizontale —, wie man sie ihm vor Luschkas Publikationen gab, wenigstens ziemlich übereinstimmend dem leeren Magen. Wichtig ist für meine Betrachtung aber — und ich hebe dies besonders hervor —, daß mit Ausnahme Cunninghams alle Autoren den Magen mit steigender Füllung in eine schräge, mehr oder weniger der senkrechten sich nähernde Stellung einrücken lassen. Cunningham selbst will ja seinen abweichenden Ergebnissen keine entscheidende Bedeutung beilegen, und wir müssen doch den Befunden, wie sie uns die Röntgenbilder an Lebenden sehen lassen, vor allem trauen.

Ist dem nun so, so dürfen wir in dem schrägen Laufe der Achse und besonders in dem Umstande, daß die kleine Kurvatur das Ösophaguslumen sozusagen aufnimmt und fortsetzt, eine weitere Einrichtung erblicken, welche, namentlich bei einem in Füllung begriffenen Magen, den nachrückenden Ingestis, vor allen den flüssigen, den Weg vorzeichnet sowie ihr Vorrücken erleichtert, um so mehr, je steiler die Magenachse steht.

Es liegt nun aber, meiner Meinung nach, noch eine dritte Einrichtung vor, welche denselben Weg für die Ingesta begünstigt, und das ist die Anordnung der Schleimhautfalten des Magens im Gebiete der kleinen Kurvatur. Diese Anordnung ist nämlich bei gesunden Mägen normaler Form und Lage derart, daß die Falten an der kleinen Kurvatur in der Regel — Ausnahmen bestreite ich nicht — von der Cardia bis zum Pylorus zu 2—4 (auch wohl mehr) einander parallel in der Richtung der Kurvatur, also im großen und ganzen in der Längsrichtung verlaufen und wenig oder gar keine Verbindungen untereinander zeigen. Ist diese Faltenlage gut konserviert, so stellt sich ein sehr auffallender Gegensatz heraus im Bilde des

kleinen Kurvaturgebietes zu dem Bilde der übrigen Mageninnenwand, d. h. also an der vorderen und hinteren Wand und an der großen Kurvatur. In den letztgenannten Gebieten liegen die großen bekannten Schleimhautfalten fast ganz regellos und sind durch mehr oder weniger zahlreiche Brücken zu einer Art Netzwerk gestaltet. Um diese Verschiedenheit der Faltenanordnung gut zu übersehen, empfehle ich seit langem für die Präpariersaalpraxis, den Magen in der gestrichelten Linie der hier beigegebenen Textfigur zu eröffnen. Diese Linie *ab* läuft von der Vorderfläche des Ösophagusstumpfes nahe der großen Kurvatur entlang zum Duodenum. Sie soll nicht in die große Kurvatur selbst verlegt werden, sondern in der Nähe derselben in der vorderen Magenwand verlaufen. Man kann dann das oberhalb der Linie *ab* gelegene Stück *A* der Vorderwand wie einen Deckel aufklappen, ohne dabei zu sehr den Lauf der Falten zu verwischen.



Ist die Anordnung der Falten klar ausgebildet, so gewinnt man unmittelbar den Eindruck, als sei durch sie eine »Straße« angezeigt, welche direkt von der Cardia zum Pylorus führt, und so bin ich dazu gekommen, diesen Faltenweg längs der kleinen Kurvatur als Magenstraße zu bezeichnen. Eine sehr getreue und das, was ich meine, klar zum Ausdruck bringende Abbildung hat jüngst Kopsch in der neuen Bearbeitung des Rauberschen Lehrbuchs der Anatomie gegeben — Fig. 108 S. 85 der Eingeweidelehre —, auf welche ich hiermit verweisen möchte. Übrigens verfehle ich nicht anzugeben, daß man öfters auch die Straße an der kleinen Kurvatur ganz faltenlos findet.

Soweit ich mich in der Literatur umgesehen habe, ist auf diese Eigenart in der Anordnung der Magenfalten kaum mit Betonung einer etwaigen Bedeutung derselben hingewiesen worden. Einige Angaben, insbesondere aus den Hauptlehrbüchern und Einzelabhandlungen, dürften genügen, um darüber zu orientieren. Huschke[1] erwähnt folgendes: »Im schlaffen Zustande hat ihre (d. h. der Magenschleimhaut) innere Oberfläche eine Menge unbeständiger und in Form, Größe und Lage sehr veränderlicher Runzeln (rugae), wie besonders an dem großen Bogen, dem Blindsacke, welche beim Aufblasen verschwinden. Die größeren regelmäßigeren unter ihnen befinden sich an der Cardia und

[1] Siehe S. Th. von Sömmerring: Vom Baue des menschlichen Körpers, Bd. V: Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen. Umgearbeitet und beendigt von E. Huschke. Leipzig 1844. S. 58.

dem Pylorus und haben dort eine strahlige, hier eine Richtung nach der Länge des Magens.«

Bei Luschka[1] heißt es: »Unterhalb dieser Linie (gemeint ist die Grenze zwischen Oesophagus- und Magenschleimhaut) ist die Schleimhaut während der Kontraktion der Muskulatur in viele abgerundete, in der mannigfachsten Weise gekrümmte Runzeln oder Falten gelegt, welche gleich den Windungen des Gehirns ohne scharfe Grenze ineinanderfließen.«

Henles[2] kurze Beschreibung lautet: »Die Schleimhaut des Magens ist bei kontrahierter Muskulatur in Falten gelegt, die zwar auch vorzugsweise der Länge nach verlaufen, aber vielfach geschlängelt und durch Querfalten verbunden, ein Gitterwerk darstellen.«

Ähnlich finden wir bei Gegenbaur[3]: »Im leeren Zustande des Magens bildet sie (scil. die Schleimhaut) unregelmäßige netzförmig untereinander verbundene Falten. Die Falten strahlen von der Cardia aus und nehmen in der Pars pylorica wieder eine vorwiegende Längsrichtung an.«

Am getreuesten spricht sich Merkel[4] aus: »Die Schleimhaut ist mit Runzeln und Falten bedeckt, welche im allgemeinen zwar unregelmäßig verlaufen, aber doch die Tendenz zeigen, sich zu Längszügen zu ordnen, welche am deutlichsten an Cardia, Pylorus und kleiner Kurvatur hervortreten.«

In Quains' Anatomy[5] heißt der betreffende Passus: »The internal surface of the Stomach, when that organ is in an empty or contracted state, is thrown into numerous convoluted ridges, rugæ, which are produced by the wrinkling of the mucous together with the areolar coat, and are entirely obliterated by distension of the Stomach. These folds are most evident along the greater curvature and have a general longitudinal direction.«

Nur kurz geht Romiti[6] auf die Sache ein: »Al cardia la muccosa stomacale offre delle pieghe longitudinali, che spariscono nella distensione poiche questo orificio e assai dilatabile.«

---

[1] Luschka, H., Die Anatomie des Menschen. 2. Bd., I. Abt., »Der Bauch«. Tübingen 1863, S. 192.

[2] Henle, J., Splanchnologie, 2. Aufl., 1873, S. 164.

[3] Gegenbaur, C., Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 7. Aufl., Leipzig 1899, S. 57.

[4] Merkel, Fr., Handbuch der topographischen Anatomie, Bd. II, 1899, S. 529.

[5] Quains' Elements of Anatomy. Xth Edition, Vol. III, P. IV, Splanchnology by Prof. E. A. Schäfer and Prof. Johnson Symington, London, New York and Bombay, 1896, S. 77/78.

[6] Romiti, G., Trattato di Anatomia dell' Uomo. P. II. S. 114. Milano, Casa editrice Dottor Fr. Vallardi. I. Ediz.

Schließlich sei noch das große französische Anatomiewerk, welches POIRIER's Namen trägt[1], angeführt, worin JONNESCO schreibt: »Le surface (de la muqueuse) libre n'est pas lisse, mais au contraire très inégale et pourvue de saillies ou plis plus ou moins élevèes, qui s'entrecroisent et circonscrivent ainsi des sillons plus ou moins profonds. Les plis sont les uns longitudinaux dirigés parallèlement au grand axe de l'estomac du cardia au pylore, les autres transversaux, et, tous plus ou moins ondulés.«

Wir sehen, daß das Vorkommen von Längsfalten von den meisten Autoren betont ist; die Lage dieser Falten wird jedoch verschieden angegeben; nur MERKEL, wie ich schon hervorhob, bringt ihre Beziehungen zur kleinen Kurvatur bestimmt zum Ausdruck.

Bei HASSE und STRECKER, a. a. O. S. 37 und 40, finden wir hervorgehoben, daß im fötalen Magen ein System von durch den ganzen Magen verlaufenden Längsfalten der Schleimhaut vorhanden ist und daß auch die Schleimhautfalten der Mägen Erwachsener (von den besonders benannten Falten, die vorhin erwähnt wurden und die die ganze Magenwand einschließlich der Schleimhaut betreffen, ist hier abzusehen) trotz mancher Unregelmäßigkeiten stets auf ein longitudinales Faltensystem zurückzuführen sind.

HIS, a. a. O. S. 359, beschreibt »etwa ein Dutzend hohe, parallel zueinander und zur Magenachse stehende Schleimhautfalten in einem Sanduhrmagen in der eingeschnürten Gegend; vgl. hierzu die Abbildung Taf. XVIII bei HIS. Einen gleichen Fall beschreibt CUNNINGHAM a. a. O. und bildet ihn Fig. 39, Taf. IV ab; ferner beschreibt er an zwei Fällen, S. 15 und 37, ein System von Längsfalten in der Pars pylorica.

Unkenntnis einzelner Literaturangaben vorbehalten, ist außer von MERKEL die nähere Beziehung von Längsfalten zur kleinen Kurvatur und zu einer Cardia-Pylorus-Straße nicht besonders hervorgehoben worden; niemand aber, so scheint es, hat eine Bedeutung an dieses Verhalten geknüpft. Als ich an meinen Präparaten schon vor vier Jahren auf diese Disposition der Längsfalten aufmerksam wurde, habe ich allerdings sofort gedacht, daß diese Einrichtung nicht bedeutungslos sein möge und daß sie mit dem Transport der Ingesta im Magen in Verbindung stehen könne. Aber erst durch die zitierte Arbeit von O. COHNHEIM wurde ich dazu angeregt, der Sache weiter nachzugehen, und so ist diese Studie, welche in ihrer Hauptsache eine literarische ist, entstanden. Was ich an neuem Material beibringen konnte, ist

---

[1] P. POIRIER, Traité d'Anatomie humaine par A. CHARPY, A. NICOLAS, A. PRENANT, P. POIRIER et T. JONNESCO. T. IV, S. 225. Paris, L. Bataille et Cie. I. Édit.

ja nur wenig, fügt sich aber, so meine ich, an die übrigen Einrichtungen, welche der Fortbewegung der Speisen und namentlich der Flüssigkeiten, vor allem im gefüllten Magen, dienen, glatt an. Denn es ist klar, daß Flüssigkeiten viel leichter sich in einer bestimmten Richtung voranbewegen werden, wenn hier nur Falten dieser Richtung vorhanden sind, als wenn sie dabei noch auf eine größere Anzahl Querbarren stoßen. Nun ist es ja richtig, daß die Längsfalten vorzugsweise im leeren Magen vorhanden sind; aber sie bleiben doch bei der allmählichen Füllung des Magens noch eine Zeitlang bestehen und können so für diese Zeit wenigstens die Fortbewegung begünstigen. Sind die Falten verstrichen, so liegt ja die Sache für den Transport noch günstiger.

So finden wir denn drei Einrichtungen, welche im Magen die Vorbewegung der Ingesta längs der kleinen Kurvatur zum Teil selbst bis zur stärksten Füllung des Organs ermöglichen und erleichtern: die Magenrinnenbildung (Sulcus gastricus, Sulcus salivalis), die Stellung des Magens, insbesondere der Lauf der kleinen Kurvatur, und die longitudinale Faltenbildung längs derselben, die Magenstraße.

Ausgegeben am 18. Juni.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

SITZUNGSBERICHTE

1908.

XXX.

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

18. Juni. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

*Hr. Oscar Hertwig sprach über die Entstehung überzähliger Extremitäten bei den Wirbelthieren.

Er demonstrirte einen Fall von Verdoppelung der hinteren Extremitäten an dem Skelet einer ausgewachsenen Ente und schloss hieran eine Übersicht über verschiedenartige Experimente, durch welche es gelungen ist, eine abnorme Vermehrung von Organen, besonders bei Wirbelthieren aus der Classe der Amphibien, künstlich hervorzurufen. (Spaltung von Organanlagen, Transplantation von Organanlagen einer Amphibienlarve auf verschiedene Körpergegenden einer anderen Larve.)

Ausgegeben am 25. Juni.

1908.
XXXI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

18. Juni. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. VAHLEN.

1. Hr. W. SCHULZE sprach über die Wortbrechung in den gotischen Handschriften.

Es werden die Regeln der Wortbrechung festgestellt und aus ihnen u. A. die richtige Silbentheilung für *aiþwaggeljo niþun* abgeleitet.

2. Hr. DIELS legte eine Mittheilung des Prof. Dr. M. WELLMANN in Potsdam vor: Pseudodemocritea Vaticana.

Im Vatic. gr. 299 S. XV findet sich unter pharmakologischen Excerpten byzantinischer Zeit eine Reihe von Fragmenten unter dem Titel ΔΗΜΟΚΡΊΤΟΥ ἈΒΔΗΡΊΤΟΥ. Sie beweisen, dass damals (die Pseudodemokritische Schrift ist spätestens im 9. Jahrhundert verfasst) der Name des Abderiten nicht bloss mit abergläubischer Sympathiemedicin, sondern auch mit ernsthafter Arzneikunde in Verbindung gebracht wurde.

Wortbrechung in den gotischen Handschriften.

Von Wilhelm Schulze.

Als ich in Goettingen zum ersten Male Anlass zu einer Vorlesung über die Gotische Sprache hatte, fiel mir auf, dass die germanische Grammatik eine zwar bescheidene, aber in all ihrer Bescheidenheit doch nicht ganz verächtliche Erkenntnisquelle der Tradition unausgebeutet zu lassen pflegt. Ich meine die von den Handschriften befolgte, vermuthlich nach Zeit und Ort charakteristisch differenzirte Methode der Zeilen- und Wortbrechung, aus der man wenigstens unter günstigen Umständen einige Aufschlüsse über die beim Sprechen übliche Silbentheilung zu gewinnen hoffen darf. Selbst für Sprachquellen von so einzigartiger Bedeutung, wie es die kostbaren Überreste der ältesten germanischen Bibel sind, war in dieser Hinsicht übel vorgesorgt. Obwohl schon Massmann wiederholt, in seinen Ausgaben der Skeireins [1834] 58 s und der Gothischen Sprachdenkmäler [1857] lxiii, auf die Sache hingewiesen hatte, gehen die modernen Ausgaben und grammatischen Darstellungen ihr einfach aus dem Wege. Mit Hilfe der Uppströmschen zeilengetreuen Abdrucke war dem Mangel für das Gotische ohne viel Mühe und Zeitaufwand abzuhelfen; der Thatbestand, der sich auf wenige einfache Regeln reduciren und im Ganzen mühelos begreifen liess, war bald festgestellt und warf, wie mir schien, neben der allgemeinen Einsicht in die Tendenzen der gotischen Silbentheilung noch ein paar brauchbare Einzelergebnisse ab. Inzwischen haben im Anschluß an Massmanns unzulängliche Mittheilungen EDietrich [1903][1] und Jellinek [1904][2] die Frage gestreift, aber nicht gefördert, und Wrede hat in der neuesten [11.] Bearbeitung des Stamm-Heyneschen Ulfilas [1908] xii s, an seine Vorgänger anknüpfend, aber über sie hinausgehend, zwar die wichtigsten Regeln formulirt, doch ist ihre Fassung weder ganz einwandfrei noch ausreichend, weil sie einige bedeutsame Momente nicht berücksichtigt. Unter diesen Umständen halte ich es für angebracht,

[1] Die Bruchstücke der Skeireins [Texte und Untersuchungen zur altgermanischen Religionsgeschichte, Texte ii] xvi.

[2] Anzeiger für Deutsches Altertum 29, 284.

das Resultat meiner damaligen Bemühungen nach einer neuerdings wiederholten Controle hier vorzulegen.

In allen gotischen Handschriften wird die Praxis der Zeilenbrechung durch feste Regeln beherrscht, die, wie sich hoffentlich herausstellen wird, auf dem Principe rationeller und consequenter Silbentheilung beruhen. Während im Codex Argenteus Lc 1, 24 der Name *Aileisabaiþ* ungetheilt die Zeile beginnt, ist er in demselben Kapitel 40. 41. 57 jedesmal in anderer Weise, aber jedesmal der in den meisten Sprachen üblichen Silbentheilung gemäss durch den Zeilenschluss in zwei Stücke zerrissen: *Aileisa/baiþ Ailei/sabaiþ Ai/leisabaiþ*. Auch für *Tei/mau/þai/us* und *sy/na/go/gein* sind alle, für *Ïai/ru/sa/lem* und *Ïai/ru/sau/ly/ma* beinahe alle Möglichkeiten regelmässiger Wortbrechung und Silbentheilung thatsächlich zu belegen; für das zufällig fehlende *Ï/ai-* kann als Ersatz etwa *di/abulau* Skeir 1c 19 eintreten. Diese fremden Namen sind aber behandelt nach den Regeln, die ebensogut auch für alle einheimischen Worte Geltung haben. Beispiele begegnen auf jeder Seite in Hülle und Fülle. In *andastau/ïn* Mt 5, 25 *Esaei/ïns* Ioh 12, 38 *Ïesu/ïs* Neh 7, 41 trifft das Zeugniss der Wortbrechung mit dem der Orthographie zusammen, denn doppelpunktirtes *ï* ist das bekannte Zeichen des Silbenanlauts[1].

Einfache Consonanten zwischen Vocalen eröffnen regelmäßig die neue Zeile, weil sie als Silbenanlaut zum folgenden Vocal gehören; Consonantengruppen, deren graphische Darstellung durch ein einheitliches Alfabetzeichen geschieht, müssen sich notwendig der gleichen Regel fügen, da eine mechanische Zerreissung des Buchstabenbildes ausgeschlossen ist[2]. Für alle Buchstaben des ulfilanischen Alfabets, mit Ausnahme des fremden *x*[3], bieten die Handschriften Belege: *ha/bai be/dun andho/fun da/ga wei/ha si/juþ so/keiþ fi/lu na/mo mei/na dau/pein bai/raiþ wi/siþ hi/ta qi/þa ma/wi þi/ze*, dazu *sai/hwan* und *ri/qis*. Hunderten von Beispielen gesetzmässiger Wortbrechung stehen nur zwei Ausnahmen gegenüber: in A *sum/an* 1. Cor 13, 9 (schon von Uppström durch die Anmerkung 'sic divisum' als Absonderlichkeit hervorgehoben)[4]

[1] Wrede aaO xiii. Über die griechischen Muster, die Ulfilas nachgeahmt hat, siehe Thompson Handbook of Greek and Latin Palæography [2] 73, Rahlfs Die Berliner Handschrift des sahidischen Psalters [Abhandlungen der Goettinger Gesellschaft der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, N. F. IV 4] 17. In *Esaïïn* Mc 1, 2 steht das punktirte *ï* zweimal.

[2] So steht im Lateinischen *vi/xi* neben *vic/tor* oder *lap/sus*. Anders ist freilich das Verfahren der ahd. Monseer Fragmente, in denen vielfach innerhalb der Zeile die Wortsilben abgesetzt werden: *laz anne moz un uuaz arum uuiz it uuiz ut* neben *forlaz seno uz serom* (*forlaaz·/senu* 1, 9).

[3] Vgl. *taitrar/kes* Lc 3, 19, *ar/kaggilaus* 1. Thess 4, 16 B.

[4] Sonst theilt auch A richtig *su/mai* 2. Cor 3, 1, *su/mans* 2. Thess 3, 11, *su/maizeh* 1. Tim 5, 24. Der Satz, in dem die Unregelmäßigkeit begegnet, lautet so: *suman*

und in der auch sonst durch stärkere Unregelmässigkeiten charakterisierten Handschrift B *aggil/lau* 2. Cor 11, 14[1]. Der Codex Argenteus ist in diesem Punkte ohne Fehler. Besondere orthographische Verhältnisse können dem merkwürdigen *freij/hals* 2. Cor 3, 17 A zur Entschuldigung dienen: es ist ein Compromiss zwischen der historischen Orthographie *freihals* und der jüngeren Aussprache **freijals*.

Consonantengruppen werden der Regel nach so vertheilt, dass das letzte Glied (aber auch nur dieses) der folgenden Zeile zugewiesen wird: *weit/wodjand* und *weitwod/jands, wal/dufni* und *walduf/ni, sil/daleikjandans* und *sildaleik/jandans, fair/gunja* und *fairgun/ja, sand/jandan* und *sandjan/dan, tand/jan* und *tund/nau, waurst/wa* und *waurk/ja, dauh/tar* und *swis/tar, waht/wom* und *wast/jom* usw. B hat Phil 3, 18 s in sechs unmittelbar aufeinanderfolgenden Zeilen *gre/tands gal/gins wair/þiþ wam/ba skan/dai fraþ/jand*; ähnlich Arg Mc 4, 17—19 *wrak/ja gamarz/janda þaur/nuns haus/jandans li/bainais*; B 2. Cor 1, 23 s *ïz/wara Kau/rinþon ïz/warai gawaurst/wans*. Also *gamarz/janda* wie *fraþ/jand, gawaurst/wans* wie *ïz/warai* und so in vielen anderen Fällen: *þiudangar/di* und *þiudangard/ja, gawaur/ki* und *gawaurk/ja, barnis/kai* und *barnisk/ja, frumis/ton* und *frumist/ja, rin/nau* und *runn/jau*[2], *walduf/ni* und *waldufn/ja, rah/neiþ* und *rahn/jaima* usw.

Belegt ist die regelmäßige Brechung für folgende Gruppen:

b/b [*rab/baunei sab/bato*] *b/j b/n d/d* [*Gad/darene*] *d/j dd/j d/w* [*nid/wa*] *f/j f/n fn/j fs/t fst/j f/t ft/j* [*haft/jandans*] *g/d* [*gahug/dai*] *gg/w* [z. B. in *trigg/wos*] *g/j gl/j* [*sigl/jands*] *g/n gn/j h/j h/m h/n hn/j h/r* [*swaih/ro* Mc 1, 30 Luc 4, 38 *huh/rau* 15, 17] *h/s* [*weih/sa* Mc 6, 56 Ioh 11, 30] *hs/j hs/l* [*skohs/la* Mt 8, 31 *þleihs/lam* d. i. *þreihslam* 2. Cor 12, 10 B] *hs/w* [*taihs/wons* Gal 2, 9 B] *h/t ht/j* [*anamaht/jada*] *ht/w* [*waht/wom*] *k/k* [*smak/kabagm*] *k/j k/n l/l l/b l/d l/g l/h lhsn/j* [*fulhlsn/ja* (sic) Mt 6, 6 *fulhsn/ja* 6, 18] *l/j ll/j l/k lk/j* [*gaskalk/ja*] *l/m* [*usfil/mei*] *l/n* [*gahail/nid*] *ll/n l/p* [*hil/pan*] *l/t l/þ l/w l/z*

---

kunnum jah sum/an praufetjam. Man könnte sich vorstellen, dass die Wiederholung von *suman*, wenn sie rhetorisch wirksam sein soll, eine Art verweilenden Nachdrucks erzeugt, der die natürliche Vertheilung der Laute verändert, und zwar zu Gunsten einer Aussprache, wie sie für das neuhochdeutsche *Summe* gilt (mit Silbenfuge im Consonanten). Vgl. auch 2. Cor 7, 5 B *utana waihjons, ïnn/ana agisa.* Dass solche Gegenüberstellung im Gotischen auf das Lautbild thatsächlich Einfluss hat, scheint die Stelle 1. Cor 7, 7 *sums swa, sumsuh swa* [statt *sumzuh*] anzudeuten. Meillet Mémoires de la Société de Linguistique 15, 95.

[1] Sonst *aggi/leis* Mc 1, 13. Lat. *dom/minor(um)* Dessau Inscr. lat. sel. 831, 1. Vermuthlich sind das halbverbesserte Schreibfehler: man hat nur versäumt, die Tilgung des ersten Consonanten vorzunehmen. WCrönert Memoria Herculanensis 10[2] (vgl. die got. Dittographien *hwa/hwazuh* Mt 5, 31, *mahtede/deina* 2. Cor 3, 7 B, *gaaina/naidai* 1. Thess 2, 17 B).

[2] *mi/nizei* Skeir III d 7: *ïnbran/jada* Ioh 15, 6. In beiden Fällen fehlt wahrscheinlich der Nasalstrich am Zeilenende.

[*tal/zeinai*] *lz/j* [*talz/jand*] *m/m m/b mb/j* [*anakumb/jan* und ähnlich oft] *m/f* [*ham/famma*] *m/j mm/j m/l* [*sim/le*] *m/n* [*nam/na*] *mn/j* [*namn/jada*] *m/r* [*tim/ridedun* Lc 17, 28 *tim/reinai* 1. Tim 1, 4 B] *mr/j* [*timr/ja* Mc 6, 3] *m/t* [*andanum/tais* 1. Tim 1, 15 B] *m/þ* [*gaqum/þim*] *n/n n/d nd/j nd/n* [*tund/nau*] *n/j nn/j n/s ns/l* [*unhuns/lagai*] *ns/t* [*ans/tai*] *n/t n/þ nþ/j n/w* [*man/wuba*] *nw/j* [*manw/jana*] *g/g* [*brig/giþ gag/giþ* usw.] *gg/j* [*fauragagg/ja*] *gg/w* [*ussugg/wuþ* Mc 12, 10 *ussigg/waidau* 1. Thess 5, 27 AB *sigg/wada* 2. Cor 3, 15 B *gaag/wein* (sic) Skeir 1c 12 [1]] *g/k* (auch *gg/k* geschrieben)[2] *gk/j* (*ggk/j*)[3] *g/q* (*gg/q*)[4] *gq/j* [*sagq/jand*] *p/p* [*Filip/pus*] *p/j p/n* [*wep/na*] *r/r r/b rb/j* [*arb/ja*] *r/d rd/j rf/t* [*þaurf/tai*] *r/g r/h* [*þwair/hei*] *rh/j rh/t rht/j* [*gabairht/jau*] *r/hw* [*fair/hwu* oft] *r/j r/k rk/j rk/n* [*gastaurk/niþ*] *r/m r/n rn/j r/p r/s* [*gadaur/san*] *rs/j* [*þaurs/jai*] *rst/w* [*waurst/wa* oft] *rstw/j* [*waurstw/ja*] *r/t rt/j* [*aurt/jans*] *r/þ rþ/j rþ/n* [*gagawairþ/nan*] *r/z rz/j s/s s/g* [*As/gadis* Neh 7, 17] *s/j ss/j s/k sk/j s/n sq/j* [*hnasq/jaim*] *s/r* [*Ïs/raela*] *s/t st/j st/n* [*fraqist/nam*] *s/x* [*pas/xa*] *t/t t/j t/n* [*disskrit/noda*] *t/w* [*weit/wodjand*] *þ/þ þ/j þl/j þ/n þr/j* [*broþr/jus* oft] *þ/s* [*Beþ/[saïdan*] *þ/w* [*friaþ/wa* öfter] *w/j w/l* [*Paw/lus* Gal 5, 2 B] *z/d z/g* [*az/go*] *z/n* [*garaz/nans*] *z/w* [*ïz/wis* usw. oft].

Die Gruppen *dw hn hr kn sk sn st tw þw* werden genau so wie die Masse der übrigen durch den Zeilenschluss auseinandergerissen, obwohl sie im Wortanlaut den Goten ganz geläufig und bequem waren; Zertheilungen wie ΠΥ/ΚΝΌϹ ΠΆΡΕ/ϹΤΙΝ, die im Griechischen üblich oder zulässig sind, fehlen in den gotischen Handschriften durchaus. Schwankungen und Regelwidrigkeiten sind im Ganzen so selten, dass sie in der Menge des Gesetzmässigen fast verschwinden und in der Hauptsache der Nachlässigkeit oder Augenblickswillkür einzelner Schreiber zur Last gelegt werden dürfen. Aus Arg habe ich notirt *hun/slastadis* Lc 1, 11 [gegen *unhuns/lagai* 2. Tim 3, 3 A] *taih/swon* Mc 10, 40 [gegen *taihs/wons* Gal 2, 9 B], aus A *trig/gwa* Col 4, 7 [gegen *trigg/wos* 2. Cor 3, 6, in B *trigg/wos* 2. Cor 3, 6. 14, in Arg *usbligg/wands usbligg/wandans usblugg/wun* Mc 12, 3. 15, 15 Lc 18, 33] *garaiht/ei* Phil 3, 9 [an vier anderen Stellen hat A *garaihta- garaihtei* correct abgetheilt[5]] *gawaur/stwans* Col 4, 11 [richtig *waurst/wa* usw. in A 9 mal]; erst in B und Skeir

[1] DIETRICH Bruchstücke der Skeireins XVIII [20]. — Wortbrechungen wie *sigg/wada* scheinen mir dafür zu sprechen, dass auch die correspondirenden *hw* und *q* Doppelconsonanten sind. Die angeblichen Beweise für das Gegentheil taugen nicht viel.

[2] *drigg/kandans* Lc 10, 7. Vgl. *drig/gandane* Lc 5, 39 (die Parallele Eph. 5, 18 ist durch UPPSTRÖM beseitigt) und *þan/keiþ* Lc 14, 31.

[3] *andþaggk/jandins* Skeir VII a 3.

[4] Belegt sind *bistug/qun* Mt 7, 27 und *igg/qis* 9, 29 in Arg, *gasigg/qai* 2. Cor 2, 7 in B (in A ebenso mit *ggq*, doch ohne Wortbrechung).

[5] Belege für regulär abgetheiltes *h/t* zähle ich c. 60. Man sieht, welchen Werth das ganz isolirte *garaiht/ei* haben kann.

steigert sich die Zahl der Fehler einigermaßen, doch behalten sie auch hier den Charakter von Ausnahmen, die die Geltung der Regel keineswegs aufheben. B: *fra|þja* 2. Cor 3, 14 [*fraþ|jan* regelrecht abgeteilt in B 4 mal, außerdem in Arg und A] *waur|stwa waur|stwam waur|stwja* 2. Cor 11, 15. 1. Tim 2, 10. 2. Tim 2, 6 [richtig *waurst|wa* usw. 8 mal, *waurstw|jans* Phil 3, 2] *þau|rftais* Phil 2, 25 ['sic' VPPSTRÖM: gegen *þaurf|tai* Eph 5, 4, in A 1. Cor 7, 26 *þaurf|tais*] *wau|rkjandein* Eph 3, 20 ['sic' VPPSTRÖM: richtig *waurk|jan* usw. 5 mal, dazu öfters in Arg A Skeir] *gaþra|fstjan* 2. Cor 1, 4 ['sic' VPPSTRÖM, unmittelbar vorher *gaþrafs|tida* und ähnlich Phil 2, 1. 1. Thess 5, 11; *þrafst|jands* Lc 3, 18 *gaþrafst|jai* Col 4, 8 A]. Skeir: *twa|ddje* III d 3 [sonst, und zwar sehr häufig, *idd|jedun* usw., *baurgswadd|jau* 2. Cor 11, 33 B] *þwai|rheins* VIII c 10 [gegen *þwair|hei þwair|hein* Eph 4, 31. 1. Tim 2, 8 B] *gareh|snais* IV d 2 [aber *wahs|jan* IV a 3. 22] *ful|hsnja* IV d 8 [gegenüber zweimaligem *fulhsn|ja* in Arg] *waurs|twa* VI b 15 [gegen *waurst|wis* V c 7 *waurst|wa* VI b 1] *andþag|gkjands* VII a 18 [gegen *andþaggk|jandins* VII a 3] *jah tw|os* II d 14 *þaim f|raqiþanam* VIII d 12. Die völlige Sinnlosigkeit der letzten Beispiele zeigt besonders deutlich, daß die Abweichungen oft nichts Anderes sind als Dokumente unbekümmerter Nachlässigkeit eines Schreibers, der die Regel zwar recht wohl kennt[1], aber sich nicht allzu ängstlich an sie bindet. Beachtenswert scheint mir indes doch zu sein, daß die Unregelmäßigkeiten ganz überwiegend erst bei drei- und mehrgliedrigen Consonantengruppen einsetzen; in der Behandlung einfacher und zweifacher Consonanz herrscht eine viel größere Übereinstimmung der Schreiber, sodaß die Abweichungen sich hier auf ein bedeutungsloses Minimum beschränken. Vielleicht darf man aus diesem Gegensatze in der Tat schließen, daß bei den einfacheren Consonantenverbindungen das Ohr oder das Lautgefühl eine zuverlässige Controle ausübte, während es in den Fällen gehäufter Consonanz schwieriger war, Schreibung und Eindruck durch eine überall anwendbare Wortbrechungsregel in dauerndem Einklang zu halten. — Die kümmerlichen Bruchstücke des Alten Testaments sind natürlich viel zu dürftig, um ein sicheres Urteil über die etwaigen individuellen Besonderheiten des Schreibers zu gestatten. Doch fehlt es nicht ganz an Diskrepanzen: neben den weit überwiegenden regelmäßigen *As|gadis Bas|saus þusun|di sun|jus fauramaþl|jos swin|þida waurst|wa un|sis reik|jane Maisaul|lamis sun|jeins* finden wir wenigstens ein *filu|snai* Neh 5, 18, das nicht stimmen will zu *filus|na* Skeir VII b 6. c 13 (*draus|nos* d 15) *usbeis|nai* Col 1, 11 A

[1] Man vergleiche noch die Masse der folgenden regelmässigen Brechungen *anakumb|jan gawand|jandam band|wiþs gaag|wein gaswikunþ|jandona þiudangard|jai þiudangard|jos gatarh|jan bairh|tai bairh|taba gawaurh|tedi waurk|jandins andwairþ|je*, sämmtlich in Skeir.

Phil 1, 20 B *usbeis/neiga* 1. Cor 13, 4 A *as/neis* Ioh 10, 12 *hlaiwas/nos* Mt 27, 52.

Die bisher betrachteten Wortbrechungsfälle könnten durch ihre stereotype Einförmigkeit den Gedanken nahelegen, dass es sich um eine willkürlich ersonnene, ganz äusserlich und mechanisch der Sprache aufgezwungene Regelung der Schreibgewohnheit handelt. Ich glaube indes, man thäte damit dem Urheber dieser nachher traditionell gewordenen Praxis Unrecht. Denn er hat recht wohl zu differenziren verstanden, wie aus folgender Übersicht hervorgeht.

Ga/briel Lc 1, 26 *Mam/bres* 2. Tim 3, 8 B

fa/dreinais Lc 2, 4 *fa/dreina* 2. Cor 12, 14 *fa/dreinam* 2. Tim 1, 3 A *framal/drozei* Lc 1, 18 *Alaiksan/drus* 1. Tim 1, 20 A *An/draias* Skeir VII a 6 *sun/dro* Mc 4, 10 Lc 9, 10

hug/greiþ Ioh 6, 35

bai/trei Eph 4, 31 B *Pai/trus* (in verschiedenen Casus) Mt 26, 73 Mc 8, 33. 9, 5. 10, 28. 14, 66. 72 Lc 5, 8. 9, 20 Ioh 18, 16. 27 *af/tra* Mc 10, 24 Ioh 14, 3. 16, 16. 19. 1. Cor 12, 21 A Skeir I c 22 *aih/trondans* Eph 6, 18 A *win/trau* Mc 13, 18 *ganawis/troþs* 1. Cor 15, 4 A

bro/þruns Lc 14, 12. 2. Cor 9, 3 A *hlei/þros* Lc 9, 33 *hlei/þrai* 2. Cor 5, 4 AB *hwa/þro* Mc 6, 2 Ioh 9, 29 *þa/þro* Ioh 14, 31 *wi/þra* Mt 10, 35 Mc 4, 1 Lc 19, 30 *wul/þr(a)is* Gal 2, 6 AB *jain/þro* Mt 5, 26 *hair/þram* 2. Cor 6, 12 B [kurz vorher *gagawairþ/nan* 5, 20] *maur/þreiþ* Mt 5, 21.

gi/blin Lc 4, 9 ['clarum atque sic divisum' Vppström, also ganz wie *gi/ba* 4, 6]

niu/klahs 1. Cor 13, 11 A bis *para/kletus* Ioh 14, 16. 15, 26. 16, 7 *sti/kla* Mt 10, 42 *aik/klesjo* in verschiedenen Casus 2. Cor 8, 23 A. 1. Cor 16, 19. 2. Cor 8, 19 Gal 1, 2 Phil 3, 6. 4, 15 B.

ne/þlos Mc 10, 25 [doch *neþ/los* Lc 18, 25, s. Vppströms Anm.] *Biaaai/þlaem* Neh 7, 26 [?].

Nur wenn noch ein *j* hinzutritt, rücken *r* und *l* in die erste Zeile: *sigl/jands fauramaþl/jos haimoþl/ja broþr/jus.*

Es ist auf den ersten Blick klar, dass wir hier keine neue Gruppe von Ausnahmen vor uns haben, sondern vielmehr die Belege einer neuen Regel, durch die der Geltungsbereich der ersten Regel gesetzmässig eingeschränkt wird. Muta cum Liquida, denen sich hier die entsprechenden *þ*-Verbindungen anschliessen (sicher wenigstens *þr*)[1], fordern auch in der gotischen Orthographie jene Ausnahmestellung,

[1] Nicht *hr*. Für *hl* fehlen Belege.

die zu erkennen und anzuerkennen wir von der griechischen und lateinischen Prosodie her früh gewöhnt werden. Und diese Ausnahmestellung beruht zugestandenermassen nicht auf irgend welcher Convention, sondern auf der besonderen Natur der Gruppen, die eine viel stärkere Tendenz, gemeinsam in den Silbenanlaut zu treten, an den Tag legen als andersartige Consonantenverbindungen[1]. Auch im Lateinischen, dessen genuine Wortbrechungspraxis überhaupt mit der gotischen im Wesen naheverwandt ist[2], theilt man *a·gres·tem* [Quintilian inst. 9, 4, 86], *cele|brandas, Ha|driani, Alexan|dro, Pere|grino, ma|tri cas|trorum* [Dessav lc 610], *Palaes·trice* CIL vi 23728. Für die Goten als Ostgermanen, die Worte wie *akra-* in Übereinstimmung mit gr. ἀγρό- und lat. *ăgro-* unverändert festhalten, scheint die Silbentheilung *a·kra-* ebenso angemessen zu sein, wie umgekehrt für ihre westgermanischen Vettern, die vielmehr *akkra-* zu sprechen pflegten, die Vertheilung der Consonanten auf beide Silben *ak·ra*[3]. Im Gegensatz dazu ergeben sich aus den durch *daup|jands wop|jandam* angezeigten Aussprachsverhältnissen im Gotischen dieselben Voraussetzungen der Silbenbildung, aus denen sich die westgermanische Consonantengemination vor *j* entwickelt hat. Wir brauchen uns also nicht zu verwundern, wenn auch auf gotischem Sprachgebiete sich wenigstens die Ansätze der gleichen lautgeschichtlichen Tendenz vor *j* deutlich genug melden: *wippja* im Arg Ioh 19, 2 [gegen *wipja* Mc 15, 17] *Sunnia* (in dem Briefe des Hieronymus an die Goten *Sunnia* und *Fretela*, falls auf die Schreibung Verlass ist) *Vallĭă* Westgotenkönig a. 415—419 Sidonius c 2, 363 (cf *Vălămēris* 225, *Vălĭla* Bücheler carm. epigr. 916, 1 *Vuillienant* Neap. Urk. Runenname *winne* di. *winja* mit dem *e* von *Sunjaifriþas Suniefridus* [v. Grienberger PB 21, 200 ss][4]. Das sind die, natürlich nachulfilanischen Parallelen zu an. *leggia* [**lag·jan*] *lykkia* [**luk·ja*] und zu den sporadisch im Altnorwegischen auftretenden Fällen wie *synnia brynnia*[5], die beweisen,

---

[1] Monsee Fragm. *ga ni drit* (ganz wie *ga ni darrent*) *for drono hun grita gamar trotan tem ple tem ples*, mit Zeilenbrechung *an|dremo* 30, 15 *hun|gragan* 21, 6. Doch auch *gatau fte* 40, 8 (richtig *f t* 10, 15. 15, 27 s. 24, 7). *un zui flo* 34, 21 stimmt zu *unzwi|flo* Isidor 7, 8.

[2] Freilich darf man sich über die 'Grundsätze der lat. Silbentheilung' nicht von Seelmann Aussprache des Latein 137 belehren lassen wollen. Er kennt einfach die Thatsachen nicht. Ausser Hale Harvard Studies 7 [1896], 249 vgl. besonders Mommsen Gesammelte Schriften 1, 381, T. Livi Codex Veronensis, Phil.-hist. Abhandlungen der Berliner Akademie 1868, 164, Brandt Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Phil.-hist. Cl. 108 [1885], 245, Hübner Exempla scripturae Latinae epigraphicae lxxvii s. Ich weiss nicht, ob inzwischen eine genauere Darstellung der inschriftlichen und handschriftlichen Praxis erfolgt ist; gewiss wäre sie nützlich.

[3] Monsee Fragm. 20, 3 *snot tro.*

[4] *Treb|bia* Dessav lc 5823. Also schon ganz wie im Italienischen.

[5] Noreen Altisländische Grammatik[3] 177 s.

dass auch im Ostgermanischen hier dieselbe Lautvertheilung bestand wie bei den Westgermanen. Und auch die Consonantendehnung in an. *nǫkkui røkkua* (mit *kkw* aus *k·w*) hilft uns in erwünschter Weise für das sprachgeschichtliche Verständniss der gotischen Wortbrechungsmethode in *nid/wa friaþ/wa* (*trigg/wa sigg/wada waht/wom waurst/wa*). Soweit also das dürftige Material reicht, das uns für eine Controle der gotischen Schreiberpraxis zu Gebote steht, verstärkt es den Eindruck, dass diese Praxis den Gewohnheiten der lebenden Sprache im Ganzen geschickt genug angepasst ist. Vielleicht gewinnen wir hier einen neuen Zug für das geschichtliche Bild des Grammatikers Ulfilas, den wir ja längst als verständnissvollen, feinhörigen Beobachter und Darsteller seiner durch ihn mit einem Schlage litteraturfähig gemachten Muttersprache bewundern gelernt haben.

Aber die Ostgoten Italiens, denen wir die Erhaltung der ulfilanischen Sprachreste verdanken, lebten in einem stamm- und sprachfremden Milieu, dessen phonetische Gewohnheiten sich vielfach in ganz abweichender Richtung entwickelten. Wir wissen aus dem Zeugniss der romanischen Sprachen, dass sich im Vulgärlatein eine Umwandlung von *téne·brae* [⏑́⏑–] zu *tenéb·rae* [⏑–́–] vollzogen hat. Ist die Vermuthung zu kühn, dass diese Entwickelung oder ihr Ergebniss allmählich auch auf die mitten unter einer romanischen, dabei kulturell überlegenen Bevölkerung wohnenden Ostgoten Einfluss gewonnen habe? Thatsache ist, dass die beiden Handschriften, die sich der sonst geltenden Wortbrechungsregel gegenüber am freiesten verhalten, B und Skeir, überwiegende Neigung zeigen, auch Muta cum Liquida auf zwei Zeilen zu vertheilen.

ak/ran Phil 1, 22
hlut/rans 2. Cor 7, 11 *Pait/rau* Gal 2, 14 *dauht/rum* 2. Cor 6, 18
broþ/runs 2. Cor 9, 5 *ïupaþ/ro* Skeir IIa 22. 25 *þaþ/ro* VId 24
wiþ/rus Ib 3

ag/laitei Gal 5, 19 *ag/lom* Eph 3, 13.
Dazu *sik/le* Neh 5, 15.

Der Regel entsprechend hat B *bai/trei* und *hlei/þrai* (dies in Übereinstimmung mit A) und *Mam/bres wul/þris hair/þram aik/klesjo*, Skeir nur *An/draias af/tra*. Dass hier ein Bruch mit der traditionellen Praxis sich anbahnt, ist mit Händen zu greifen, sobald man die bis auf das einzige *neþ/los* tadellose Haltung von Arg und A in Vergleich zieht. Und dieser Bruch weist zweifellos in dieselbe Richtung, in der sich die romanische Entwicklung nachweislich bewegt hat. Ich muss bekennen, dass es mir schwer wird, diese Übereinstimmung für blos zufällig zu halten.

Meine bisherige Darstellung hat sich beschränkt auf die Verhältnisse, die im einfachen Worte gelten. In der Zusammensetzung ändert sich das Bild total[1]. Da herrscht bis auf verschwindende Ausnahmen überall die der Etymologie entsprechende Wortbrechung. Ausser an einer einzigen schon von Uppström hervorgehobenen Stelle Mt 9, 18, wo *gas/walt* dasteht, finde ich nur *ïbna/skaunjamma ga/skafts ga/skeiriþ ga/skeirjada ga/sleiþjaindau* [2. Cor 7, 9 AB] *ga/sleiþiþs ga/slepandane fra/slindaidau ga/spillo faura/standandam ga/standand ga/stoþ ga/stoþuþ ana/stodeins* [3 mal] *ana/stodjands* [2 mal] *ga/stauïda ga/swikunþidedeina ga/swikunþida ga/swiltan* [2 mal Arg, 2 mal A] *swa/swe* [14 mal] *un/þwahanaim* [2 mal] *ga/þwastjaiþ anda/wleizn* [1. Cor 14, 25 A], *ufar/stigun* [Mc 4, 7], *af/skaidiþ af/skiubandans af/slahans af/slaupjandans ïnnuf/slupun af/slauþiþs af/standand, at/staig, and/spiwuþ and/staldand and/standand and/standandans*[2]. Die besondere Behandlung der Composita wird am deutlichsten, wenn man etwa *ga/skafts ga/stauïda* mit den fremden Worten *aipis/kaupus apaus/taulus*, bei denen die dem Goten natürliche Silbentheilung durch keinerlei etymologische Rücksicht gehemmt wird[3], oder *anda/wleizn* mit *Paw/lus* vergleicht. Dass in eng zusammengehörigen Wortgruppen erst recht kein Herüberziehen des Consonanten nach vorwärts oder rückwärts stattfindet, ist darnach nur selbstverständlich: *ni/skuld ïst* Lc 6, 4 *ni skuld/ïst* Ioh 18, 31 Tit 1, 11 A (1. Cor 15, 53 B) *ïn/skip* Mc 4, 37 *und/ïna* Lc 4, 42 *þairh/ïna* Eph 2, 18 Col 1, 16 A Col 3, 17 B *sa/stikls* 1. Cor 11, 25 A *þans/uf weitoda* Gal 4, 5 A. Eine Rubrik für sich fordern *ïd/reigondane* 2. Cor 12, 21 A, das sich von *fa/drein* 12, 14. 2. Tim 1, 3 derselben Handschrift charakteristisch abhebt, und *und/redan* Skeir VIb 19, das sich in der gleichen Weise von *An/draias* VIIa 6 unterscheidet[4]. Die Erklärung bietet sich jetzt von selbst dar; auch *ïd/reigon* wird als Compositum empfunden worden sein[5].

Dieselbe Regel etymologischer Wortbrechung gilt auch für alle Fälle mit einfachen Consonanten, ob es sich nun um engen Wortzusammenschluß oder um wirkliche Composition handelt. Die Consonanten werden consequent als silbenschliessende Laute behandelt, was auch

---

[1] 2. Cor 5, 8—18 findet man in A rasch hintereinander *ga/trauam us/leiþan ga/swultun ga/friþondin ga/friþonais*; unmittelbar in zwei Zeilen hintereinander in B *swa/swe us/tiuhai* 2. Cor 8, 6, *swa/swe uslaus/jaindau* 2. Thess 3, 1 s.

[2] Auch *us/skawjaindau us/staig us/stiurei us/standiþ us/stoþ us/stassais*. — *ubuh/wopida* Lc 18, 38 *nih/wituþ* Mc 8, 17.

[3] *apaus/taulus* 8 mal Arg AB. *aipis/kaupus* Tit 1, 7 B (*apaus/taulus* 1, 1). Daraus folgt beiläufig, dass ich berechtigt war, oben *aik/klesjo para/kletus* als Beweisstück so zu verwerthen, wie ich es gethan habe. Bei den fremden Wörtern fehlt eben das etymologische Bewusstsein oder hat wenigstens keine Kraft, die Aussprache zu beeinflussen.

[4] Monsee Fragm. 39, 14 *ant reitin*: 30, 15 *an/dremo*.

[5] Monsee Fragm. *it lones* 29, 24. 30, 8.

in der regelmässigen Anwendung des doppeltpunktirten ï zum Ausdrucke kommt. Es heisst also nicht nur *af/ïmma af/ïm af/ïzwis, uf/Abiaþara, ïnuh/attins .. wiljan* Mt 10, 29, *fram/ïmma* [Mc 1, 5 im Unterschiede von *fra/mis* 1, 19], *ïn/ïna ïn/ïmma ïn/ïzwis, faur/ïna faur/ïns faur/ïzwis, afar/ïmma, ufar/all, us/ïzwis, at/ïmma at/ïzwis* usw., *miþ/ïmma miþ/ïzai miþ/ïm miþ/ïzwis, þis/aiwis* 2. Cor 4, 4 A *þaim/airum* Lc 7, 24 *þaim/unmahteigam* 1. Cor 9, 22 A, *ïþ/ïs ïþ/ïzwis, jah/ïk jah/ïmma jah/ïn jah/ïzwis, ïk/ïm* usw. usw., sondern auch

af/airzidai 1. Tim 1, 6 AB *af/airzjaindau* 1. Cor 15, 33 A
un/aiwiskana 2. Tim 2, 15 B
ufar/ïst 2. Cor 3, 9 B
us/ïddja Mc 1, 28
suns/aiw Mc 8, 10
at/ïddja -jedun Mc 12, 18. 14, 66 Ioh 6, 17 *þat/ain(ei)* 2. Cor 8, 19 B Skeir Id 24 VIIb 23 (doch *þa/tainei* Mt 8, 8. 2. Cor 8, 21 A!)
miþ/arbaidei 2. Tim 1, 8 A *miþ/arbeidididedun* Phil 4, 3 A *miþ/ïnsandida* 2. Cor 12, 18 B *miþ/urraisidai* Eph 2, 6 B *miþ/ushramidans* Mt 27, 44.

Wörter fremden Ursprungs sind auch hier von der Regel ausgenommen: *sy/nagogais -gein* Lc 4, 20. 7, 5. 8, 41, *Ba/rabban* Mc 15, 11 Ioh 18, 40.

Der Composition gleichgeachtet wird die reduplicirte Verbalform: *afskai/skaidun* Lc 9, 33 *anasai/slepun* 1. Thess 4, 14 B werden getheilt wie sonst *afai/aik athai/hait attai/tok wai/woun*; *sk sl* werden also als Anlaut empfunden oder doch orthographisch so behandelt.

Einzelne Schwankungen wie *þat/ainei* : *þa/tainei* vermögen das im Ganzen feste System nicht zu erschüttern und seine Verlässlichkeit nicht zu diskreditiren; auch die norddeutsche Aussprache, die im Princip an der etymologischen Silbentheilung festzuhalten pflegt, schwankt innerhalb gewisser Grenzen und nach dem wechselnden Tempo der Rede zwischen den entgegengesetzten Möglichkeiten lautmechanischer und etymologischer Wortgliederung, z. B. zwischen *e/rinnern* und *er/innern*[1], und lässt sogar in einer ganzen Reihe fester Verbindungen jede etymologische Rücksicht fallen, wie in *Ob/acht übe/rall vo/llenden a/llein* (dies letzte Wort mag man mit got. *þa/tainei* vergleichen). Selbst falsche Wortanalysen, die der Sprechende halb unbewusst vollzieht, können auf seine Aussprache Einfluss gewinnen, wie denn Jespersen in Berlin *'Alex'anderplatz* gehört hat[2]. So haben wir kein Recht, den Schreiber zu schelten, der *ufar/assus* abtheilt, als ob es ein Compositum wäre, 2. Cor 1, 12. 3, 10. 7, 15. 8, 14 A[3]. Solange das etymologische Gefühl

---

[1] Sievers Grundzüge der Phonetik[5] § 552. Luick Deutsche Lautlehre 69.
[2] Lehrbuch der Phonetik (Übersetzung von Davidsen) 77.
[3] Über *ïnn/ana* habe ich schon S. 611 Anm. 4 gesprochen.

latent bleibt, heisst es richtig *ufa|rassus*[1]: so consequent in B 2. Cor 1, 5 ['ita divisum']. 9, 8 ['ita divis.']. Phil 3, 8. 4, 12 ['sic Cod. clariss.']. 1. Thess 2, 17 ['sic divis.' UPPSTRÖM][2]. Es ist bemerkenswerth, dass der schwedische Herausgeber gerade die Wortbrechung *ufa|rassus*, nicht *ufar|assus* der Hervorhebung würdig gefunden hat; vermuthlich hielt er die letztere Schreibung für die etymologisch correctere.

Es ist zu allen Zeiten eine Liebhaberei der zünftigen Grammatiker gewesen, die Wortbrechung möglichst mit den wirklichen oder vermeintlichen Forderungen der Etymologie in Einklang zu bringen, selbst unter gröblicher Missachtung des Eindruckes, den das lebendige Wort beim Sprechen oder Hören hervorruft. Es liegt im Wesen dieser grammatischen Pedanterie, dass sie mit einer verständnislosen Consequenzmacherei auftritt, die taub ist gegen alle feineren Differenzierungen, die das gesprochene Wort mannigfaltig variiren. Der Ordner der gotischen Orthographie hat sich solcher Pedanterie nicht schuldig gemacht, denn er weiss zu unterscheiden, was trotz äusserlicher Ähnlichkeit im innersten Kerne verschieden geartet ist. Das zweite Glied eines Compositums, der zweite Bestandtheil einer reduplicirten Bildung, einer eng zusammengehörigen Wortgruppe kommt unter normalen Verhältnissen meist auch in selbstständiger Verwendung, mit selbstständigem Anlaute vor (wenn auch nicht selten mit anderer Suffix- oder Vocalgestaltung), *ïddja* neben *atïddja*, *ain* neben *þatainei*, *skaidan* neben *skaiskaidun*, *ïst* neben *skuld ïst*. Das Gefühl, dass in *atïddja þatainei skaiskaidun skuld ïst* mit der zweiten Silbe ein neues selbstständiges oder halbselbstständiges Element anhebt, kann im Sprechenden lebendig sein und die phonetische Gestaltung der Worte, die sicher von psychologischen Momenten stark abhängig ist, wirksam beeinflussen[3]. Enklitika dagegen vom Typus der got. Partikeln *-u*, *-uh*, *-ei* können entweder nie im selbstständigen Wortanlaute vorkommen, oder doch nur unter Umständen, die einer Verdunkelung des etymologischen Zusammenhangs Vorschub leisten, vermögen also gar nicht den gleichen psychischen Einfluss zu gewinnen, wie jene zweiten Elemente von *atïddja* und Genossen. Freilich kann das etymologische Bewusstsein auch bei Verbindungen wie *þar-uh skuld-u* im Sprechenden geweckt werden, aber durch andere Einflüsse

---

[1] Vgl. noch *hi|ri* Ioh 11, 34.

[2] Das Wort ist recht geeignet, die Regelmässigkeit der got. Wortbrechung und ihre Grenzen zu illustrieren. Phil 4, 12 B u. ö. *ufarassu* im Zeilenschluss, 2. Cor. 4, 7 A *u|farassus*, wechselnd *ufa|rassus* und *ufar|assus*, 2. Cor 4, 17 B u. ö. *ufaras|sau*, 2. Cor 4, 15 B *ufarass|jai*.

[3] Die nachträgliche Umgestaltung von *saizlep* in *saislep* beweist direct, dass man den Anlaut von *slepan* herzustellen das Bedürfnis hatte. — Monsee Fragm. 9, 28 *uph·ar·uuohs*.

(durch das Nebeneinandervorkommen von *þar* und *þaruh,* von *skuld* und *skuldu*) und mit schwächerer Wirkung (weil eben *uh* und *u* durch ihre Unablösbarkeit fast auf das Niveau der ganz unselbstständigen Suffixsilben herabgedrückt werden). Dieser Unterschied der beiden Kategorien kommt auch in der Praxis der gotischen Wortbrechung zu unverkennbarem Ausdrucke. Am einfachsten liegen die Verhältnisse bei der Partikel *-ei.*

þa/dei Mc 6, 55 Lc 10, 1 Ioh 6, 62

þai/mei Mc 15, 40 ('sic' Uppström) 1. Tim 6, 5 B *þam/mei* 5 mal in Arg, dazu in A Col 1, 29

þa/nei acc Mc 11, 21 Lc 7, 27 Ioh 11, 3. 17, 24 *miþþa/nei* Lc 5, 1; cf *þatai/nei* Mt 5, 47 Skeir IV d 14

þa/rei Mt 6, 19. 21 Ioh 7, 42

þa/tei oft (weit über 30 mal)

þi/zei gen Ioh 10, 12. 13, 29 *ïn þi/zei* Mc 4, 5 Lc 18, 5 Skeir IV c 7 VI a 7 c 22 [doch II b 7 *ïn þis/ei!*] *þizo/zei* Tit 1, 13 A Eph 3, 7 B ['sic divisum' Uppström] *þan/zei* 1. Tim 1, 20 B Skeir V b 5.

Abweichend nur *suns/ei* Ioh 11, 32 (vor der Radierung scheint *suns/sei* dagestanden zu haben), gerade so abgetheilt wie das componirte *suns/aiw* Mc 8, 10.

Wie die Relativpartikel *ei* wirkt auch das fragende *u*: *sijai/d-u* 2. Cor 13, 5 A *skul/d-u sijai* Mc 10, 2. Also *skuld/ïst,* aber *skul/d-u* (dies wie *skul/da skul/dedum* Lc 17, 10. 19, 11).

In den Wortgebilden, die durch Antritt des Elementes *-uh* entstehen, wirkt unzweideutig auch die gleiche Tendenz, wird aber sehr viel stärker durch etymologische Rücksichten gehemmt, in bestimmten Fällen sogar regelmässig paralysirt, wie folgende zweigetheilte Übersicht zeigen mag.

	sumaim/uþþan 2. Cor 2, 16 B
þam/muh Skeir II b 5 V d 24	
nauhþa/nuh Ioh 7, 39 Skeir III a 4 *anþara/nuhþan* V a 7	*nauhþan/uh* Mc 12, 6 *suman/uhþan* Skeir VI c 18
	ïddjedun/uh Ioh 6, 17 *wesun/uhþan* Lc 1, 6 *wesun/uþþan* Ioh 12, 19
an/duh þana laist Skeir V a 23	
	afar/uhþan Lc 1, 24
þishwa/ruhþei Mc 9, 18 *þa/ruh* Ioh 6, 67. 7, 45	*þar/uh* Ioh. 18, 11. 25
	was/uhþan Mt 8, 30 Ioh 11, 2. 18, 14
	þat/uþþan Eph 4, 9 A
	qaþ/uh Mc 14, 13

hwarji/zuh Lc 2, 3 *sahwa/zuh* Mc 9, 37 *hwa/hwazuh* (sic) Mt 5, 31

suman/zuþþan Eph 4, 11 A['sic divis.' VPPSTRÖM]

sumz/uþþan 1. Cor 11, 21 A ['*z* expalluit' VPPSTRÖM: ob *sums/uþþan* möglich ist?]: *sums gredags, sumz/uþþan drugkans ïst* (vgl. oben S. 611 Anm. 4)

In den Verbalformen *qaþ/uh was/uh ïddjedun/uh wesun/uh* scheint die etymologische Worttheilung bereits ganz fest geworden zu sein. Am erfolgreichsten widerstreben ihr die Fälle mit ursprünglich auslautendem *z*. Ganz begreiflich, weil *was* (mit festem ursprünglichem *s*) rascher und entschiedener Einfluss auf *wasuh* gewinnen konnte als *hwas* (mit *s* nach dem bekannten gotischen Auslautsgesetz) auf das etwas abweichend klingende *hwazuh*. Ähnlich *suns/ei* nach *suns* und *suns/aiw*.

Dass die gotische Silbentheilung in den zusammengesetzten Gebilden, mit ihrer Differenzirung von *at/ïddja* und *þa/tei, und/redan* und *an/duh skul/du*, den Verhältnissen der lebendigen Rede abgelauscht worden ist, lässt sich glücklicherweise auf anderem Wege beweisen. Das gotische Auslautsgesetz lehrt uns, dass thatsächlich in *af-aikan af-etja uf-aiþeis miþ-anakumbjan us-agjan, af allamma miþ allaim, gadof ïst goþ ïst* hinter dem Endkonsonanten des ersten Elementes Silbenschluss mit der Wirkung des Wortschlusses eintritt (*f* statt *b*, *s* statt *z*, *þ* statt *d*), während vor einer Enklitika diese Auslautsumwandlung regelmässig unterbleibt: *abu ubuh uzu dizuhþan*[1]. Es heisst *usïddja*, aber *uzuhïddja*. Also findet in dem letztgenannten Falle ein Herüberziehen des Endkonsonanten statt, nicht aber im ersten, was zu der Wortbrechung in *an/duh* und *us/ïddja* genau stimmt. Die vereinzelten regelwidrigen Schreibungen *mid-ïddjedun* Lc 7, 11 und *uz-on* Mc 15, 37. 39 übertragen die orthographische Freiheit des Wortschlusses auf den Silbenschluss in der Compositionsfuge[2]. Man vergleiche, was soeben MEILLET zu der ganzen Frage bemerkt hat in den Mémoires de la Société de Linguistique 15 [1908], 95 s. Und wieder kommt den Goten, wie mir scheint, Sukkurs vom Norden: da sagt man *úaudigr úendr* (mit *ú-* aus *un-*). Wie konnten alle diese *á í sí- ú-* (aus *an in sin- un-*) entstehen, wenn nicht *n* überall sehr energisch als wortschliessender Consonant empfunden wurde, auch vor Vocal? Des Ulfilas Bibel theilt *un/aiwiskana*, die Monseer Fragmente 39, 2 *un/arsterbantiun* (vgl. 33, 26).

---

[1] Belegsammlung bei STREITBERG IF. 18, 388.

[2] *quod/annis* di. *quotannis* DESSAV lc 154, 19. Man sprach also wohl *quot·annis*. — Der Veronensis des Livius schwankt zwischen *ne/glegens* und *nec/legens*. — Vgl. auch Monsee Fragm. 31, 12 *heit nis cun* neben *heidano*, 39, 27 *blucnissa* neben *blugisota*, 22, 4 *sec no ta*. *t c* sind nur im Silbenauslaut an ihrem Platze.

Die Erfahrungen, die man in den modernen Sprachen gemacht hat, scheinen darauf zu führen, dass eine wirksame Beeinflussung der Silbentheilung durch das etymologische Bewusstsein sich auf die Dauer wohl nur dort behaupten kann, wo der Gebrauch des festen Vocaleinsatzes auch in der Composition ein deutlicheres Auseinanderhalten der einzelnen Bestandtheile erleichtert. Das Fehlen des festen Einsatzes führt ebensowohl in England wie bei den Süddeutschen automatisch zu der Neigung, die Consonanten in der Compositionsfuge herüberzuziehen und mit dem folgenden Vocal als Silbenanlaut zu verbinden. Luick aaO 35. 68; Schatz Mundart von Imst 14. 26; Holthausen Soester Mundart 3. Da dieses Herüberziehen der Consonanten von den Goten, ausser vor den festangewachsenen Enklitika, principiell gemieden wird, haben wir anscheinend Grund genug, auch ihrer Sprache die Gewohnheit des festen Vocaleinsatzes zuzuschreiben. Längst hat man die bekannte Regel der altgermanischen Allitteration, derzufolge die verschiedenen Vocale mit einander gebunden werden dürfen, zu der gleichen Schlussfolgerung für die ältesten germanischen Sprachzustände benutzt. Dieser Schluss, dessen Bündigkeit man bestritten, gewinnt vielleicht durch unsere Feststellung der die gotische Silbentheilung regelnden Principien verstärkte Überzeugungskraft. Auch in der Composition wird der feste Einsatz im Allgemeinen zur Anwendung gelangt sein, nicht aber vor den unselbstständigen Enklitika.

Ich glaube bewiesen zu haben, dass die in den gotischen Handschriften befolgte Praxis der Wortbrechung im Princip rationell und in der Durchführung constant genug ist, um sie sprachgeschichtlich verwerthen zu dürfen. Krasse Absurditäten werden wir ihr ohne Not nicht aufbürden, also z. B. nicht glauben wollen, dass sie jemals die mechanische Zerreissung eines echten Diphthonges gestattet haben sollte. Wenn wir demnach zweimal den Anlaut von εὐαγγέλιον auf zwei verschiedene Zeilen vertheilt finden — *ai|waggeljo* 2. Cor 4, 3 B *ai|waggeljons* Skeir III d 8 —, so betrachten wir das, zusammen mit E·VHEL·PIS·TO CIL IX 394, als eine willkommene Bestätigung der herrschenden Ansicht, dass damals die auch von den romanischen Völkern allgemein recipirte junggriechische Ausspraehe *ew*[1] statt ευ gegolten habe. Das Gleiche ist für *Da|weidis* Mc 12, 35 (gr. Δαυείδ) zu constatiren[2]. An sich kann man ja dem gotischen Buchstabenzeichen nicht ansehen, ob ein griech. υ oder ein german. *w* gemeint ist. Die Ver-

[1] Monsee Fragm. 7, 3 *nine uue tis cun.* Sonst *iu· uuih iu· uuares* (mit und ohne Punkt) *niu· uui hriu uun frau uuit scau uuot.* Sievers Tatian[2] XXVI Anm. Isidor 10, 20 *eu|uuih.*

[2] Monsee Fragm. 14, 23 *da uites.*

muthung, dass Ulfilas eben aus dieser junggriechischen Aussprache die Anregung geschöpft habe, seinem *w* die Form des griechischen Υ zu geben, erhält so in der gotischen Überlieferung selbst eine erwünschte Stütze. Ausserordentlich häufig begegnen wir den Diphthongen *au* und *iu* in zertheilten Wörtern vor dem Zeilenschlusse, nur zweimal wird das *u* in die nächste Zeile mit herübergenommen, bezeichnenderweise in *Kafarnaį[um]* Mt 11, 23, das dem viersilbigen ΚΑΦΑΡΝΑΟΥ͂Μ genau entspricht, und in dem Zahlworte *niįun* Lc 15, 4, das demnach im Gotischen so gut zweisilbig gewesen sein muss wie *siįbun* 10, 17 *ahįtau* 16, 7 *taiįhun* 14, 31. An. *níu* ags. *nigon* as. *nigun* zeigen, dass die Einsilbigkeit des hochdeutschen *niun* eine local beschränkte Erscheinung ist, die mit Unrecht bis heute für die Auffassung auch der gotischen Form massgebend gewesen ist. Vor Jahren habe ich für den got. Nominativ *stiur*, der mit *hors skeirs swers gaurs* schlechterdings nicht zusammengehen will, zweisilbige Aussprache gefordert und durch die Etymologie (ai. *sthavira-*) gerechtfertigt. Dann würde das mangelnde Nominativ-*s* in *sti·ur* zu *anþar unsar* stimmen, das ungebrochene *ur* zu *fidurdogs*. Jetzt, wo mir der Nachweis eines zweisilbigen *ni·un*, wie ich hoffe, gelungen ist, empfehle ich meinen alten Vorschlag von Neuem zu freundlicher Erwägung. Was inzwischen über die Frage geschrieben worden, scheint mir solche Erwägung keineswegs überflüssig zu machen.

Pseudodemocritea Vaticana.

Von Prof. M. Wellmann
in Potsdam.

(Vorgelegt von Hrn. Diels.)

Der Codex Vaticanus gr. 299, eine Papierhandschrift medizinischen Inhalts des 15. Jahrhunderts in Großquart (29,4×21), enthält von fol. 219r bis fol. 518v eine nach 1547 (α̅φ̅μ̅ζ̅) Kapiteln geordnete, mit einem ausführlichen Inhaltsverzeichnis (πίναξ ἀρίϲτη τῆϲ παρούϲηϲ πυκτίδοϲ) versehene pharmakologische Kompilation aus byzantinischer Zeit mit zahlreichen Zitaten des Hippokrates, Aelius Promotus, Galen, Oreibasios, Alexander von Tralles, Paulus Aegineta, Konstantinos Porphyrogennetos und anderen. Da sich unter dem Namen des Konstantinos die auf Anregung dieses byzantinischen Kaisers (912—959) verfaßte Sammelschrift des Theophanes Nonnos birgt, so darf als frühester Termin der Entstehung dieser Kompilation das 11. Jahrhundert gelten. Von den in dieser Kompilation aufbewahrten Bruchstücken verdienen die unter dem Namen des Δημοκρίτου Ἀβδηρίτου[1] gehenden deshalb besondere Beachtung, weil sie uns lehren, daß Demokritos der ausgehenden Zeit des Altertums nicht nur als das Prototyp der abergläubisch-sympathetischen Richtung der Medizin, sondern auch als Vertreter der rationellen Heilkunde galt und daß die medizinischen Fälschungen auf seinen Namen sogar noch bis in die byzantinische Zeit hinabreichen; denn so viel folgt aus der Verwendung lateinischer Wörter (περιϲτερόπουλον frg. 4. 7, λῶρον frg. 11) sowie aus dem die spätere Gräzität verratenden Wortschatz (ζεματίζειν frg. 3, ἐνζεμάτιον frg. 2, ὑδαρορόϲατον frg. 11, κοπανίζειν frg. 3), vor allem aber aus dem Vorkommen des Wortes Ϲαρακηνικόϲ (frg. 9), daß die pseudodemokriteische Schrift, die unserem Kompilator vorgelegen, dem Ende des 1. Jahrtausends n. Chr. angehört. Die Schrift selbst war pharmakologischen Inhalts, in der Weise des Δυναμερόν des Aelius Promotus oder der Sammelschrift des Theophanes Nonnos angelegt, d. h. es waren in ihr die Rezepte nach den einzelnen Körperteilen geordnet, vermutlich a capite ad calcem. Ausführlicher ist bei

[1] Vgl. Rohde, Kleine Schriften I, 383; Diels, Fragmente der Vorsokratiker² I, 442.

Besprechung der Augenkrankheiten die Anatomie des Auges, wie es scheint, im engen Anschluß an Galen behandelt (frg. 1). Für die genauere Datierung dieser Fälschung gibt das 11. Bruchstück, das von der Entzündung des Zäpfchens handelt, einen Fingerzeig. Der Abschnitt beginnt wie bei Theophanes Nonnos (c. 122) mit der Erklärung der Termini (γαργαρεών, σταφυλή, κιονίς, ἱμάς); das war das herkömmliche Verfahren (vgl. Gal. XII, 959ff., Aet. VIII, 43); doch springt bei der Vergleichung der verschiedenen Berichte die fast wörtliche Übereinstimmung des Pseudodemokriteischen Berichtes mit Theophanes Nonnos in die Augen. Das, was diese Übereinstimmung über die Möglichkeit des Zufalles erhebt, ist die Wiederkehr des lateinischen Wortes in der Erklärung von ἱμάς. Bei Pseudodemokrit heißt es: ἱμάς δέ (sc. λέγεται), ὅταν λεπτυνθῇ καὶ τακῇ ὥσπερ ἱμάς, τουτέστι λῶρον. Bei Theophanes: ἱμὰς δέ, ὅταν λεπτυνθῇ ὥσπερ λωρίον. Beachtet man, daß der Pseudodemokriteische Bericht dem Theophanes gegenüber den Eindruck des Ursprünglichen macht, so ist die Annahme am wahrscheinlichsten, daß der byzantinische Kompilator in diesem Falle den Pseudodemokrit zur Ergänzung seiner Exzerpte aus Paulos von Ägina und Aëtios, die ihm möglicherweise schon in einer Exzerptensammlung vorgelegen, herangezogen hat. Daß umgekehrt Pseudodemokrit von ihm unabhängig ist, beweist unter anderem das sich gleichfalls mit Theophanes berührende Kapitel über die Bindehautanschwellung (frg. 8, Theoph. Nonn. 47 aus Paul. Aeg. III, 22, 5). Ist meine Annahme richtig, so dürfte die Pseudodemokriteische Schrift spätestens im 9. Jahrhundert entstanden sein.

1. Kap. σξβ (fol. 309r): Δημοκρίτου περὶ ὀφθαλμῶν. περὶ τῶν μὲν ἐν τοῖς ὀφθαλμοῖς παθῶν ⟨λέγειν σπουδάζων⟩ ἀναγκαῖον ἡγοῦμαι τὴν ἀνατομὴν αὐτῶν προλαβεῖν, χρησίμην οὖσαν εἰς πολλὰ τῶν λεχθησομένων. ἄρχομαι δὲ ἐνταῦθα τοῦ ἐγκεφάλου τρεῖς κοιλίας ἔχοντος, ἐμπροσθίαν, ὀπισθίαν καὶ μέσην. ἑπτὰ νεύρων συζυγίαι προέρχονται ἐξ᾿ αὐτῶν χωρὶς τῶν μαστοειδῶν καλουμένων ἀποφύσεων· αὗται γὰρ αἱ μαστοειδεῖς ἀποφύσεις μέρος οὖσαι τοῦ ὀπισθίου ἐγκεφάλου ἐπὶ τὰς ῥῖνας καθήκουσιν, ἔνθα τὸ ἠθμῶδες οὕτω καλούμενον ὀστοῦν ὑπόκειται, ἐν ᾧ ἡ ὀσφραντικὴ δύναμίς ἐστι. τούτων γοῦν τῶν ἑπτὰ συζυγιῶν ἡ πρώτη καὶ δευτέρα καλουμένη εἰς τοὺς ὀφθαλμοὺς φέρεται, ἡ μὲν πρώτη ὀπτικὴν αὐτῷ φέρουσα δύναμιν, καθ᾿ ἣν διακρίνει τὰ χρώματα,

1 τῶν (ο in ω corr. sec. m.) P 2 λέγειν σπουδάζων supplevi 6 ὑποφύσεις P 7 ἰθμῶδες P, cf. Gal. περὶ χρ. μορίων VIII 7 (472 H. III 652 K.) 9 ἑπτά] ex Marini et Galeni sententia, cf. Gal. ἀνατομ. ἐγχ. IX S. 9 ed. Simon ἡ πρώτη καὶ δευτέρα καλ.] cf. Gal. ἀνατομ. ἐγχ. IX S. 7. περὶ νεύρ. ἀνατ. 2 (II 832 sq. K.) 10 φέρουσαν P

καὶ ⟨ἡ⟩ δευτέρα δὲ κίνησιν, καθ' ἣν ἄνω καὶ κάτω καὶ πρὸς τὰ πλάγια περιστρέφει τὸν ὀφθαλμόν. ἐξαίρετον δὲ καὶ πρὸς τὴν ⟨πρώτην⟩ συζυγίαν ἔχει· τῶν γὰρ ἄλλων νεύρων ναστῶν ὄντων αὕτη μόνη κούφη ἐστὶ καὶ κοιλότητα ἔχει, δι' ἧς κοιλότητος τὸ πνεῦμα τὸ ὀπτικὸν φέρεται ἐπὶ τοὺς ὀφθαλμούς. καὶ ἄλλο δὲ ἐξαίρετον ἔχει τὰ νεῦρα ταῦτα· συναπτόμενα γὰρ ἀλλήλοις χιωδῶς νομίζεται· τὸ μὲν γὰρ δεξιὸν μέρος εἰς τὸν ἀριστερὸν ὀφθαλμὸν φέρεται, τὸ δὲ ἀριστερὸν εἰς τὸν δεξιόν. οὐκ ἔστι δὲ ἀληθές, ἀλλ' ἠπά⟨τητ⟩αι οἱ οὕτω νομίζοντες· μετὰ γὰρ τὸ συγκαμφθῆναι πάλιν ὑποστρέφει, τὸ μὲν δεξιὸν μέρος εἰς τὸν δεξιὸν ὀφθαλμόν, τὸ δὲ ἀριστερὸν μέρος εἰς τὸν ἀριστερόν. τοῦτο δὲ γέγονεν ὑπὸ τῆς φύσεως, ⟨ὡς⟩ εἴ που πάσχει ὁ ὀφθαλμὸς ὁ εἷς, ὅλον τὸ πνεῦμα διὰ τῆς κοινωνίας εἰς τὸν ἕνα συναχθῇ· ὅθεν καὶ ἡμεῖς ὅταν βουλώμεθα ἐπὶ πολὺ τὸ διάστημα ὁρᾶν, μυοῦμεν τὸν ὀφθαλμὸν τὸν ἕνα, ἵνα ὅλον τὸ πνεῦμα τὸ ὀπτικὸν εἰς τὸν ἕνα ἀθροισθῇ. ταῦτα τοίνυν τῆς πρώτης συζυγίας τὰ νεῦρα φερόμενα ἐκ τοῦ ἐγκεφάλου εἰς τὸν ὀφθαλμὸν ποι- (fol. 309ᵛ) οῦσι τὸν ἀμφιβληστροειδῆ χιτῶνα· οὕτω δὲ λέγουσιν, ὅτι ἔοικε δικτύῳ καὶ ἀμφιβλήστρῳ ἁλιευτικῷ. ἔνδοθεν δὲ τούτου τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνός εἰσι τρία ὑγρά· τὸ ὑαλῶδες ⟨καὶ τὸ ᾠοειδὲς⟩ λεγόμενον, ἐπειδὴ ἔοικε τῷ λευκῷ τοῦ ᾠοῦ, καὶ μέσον ἐστὶ τὸ κρυσταλλῶδες, τὸ κύριον μόριον, ᾧπερ καὶ διακρίνεται τὰ χρώματα· καὶ διὰ τοῦτο ἐν τῷ μέσῳ φυλάττεται καὶ περιέχεται πανταχόθεν. ἔστι δὲ αὐτὸ θεωρῆσαι ἐπὶ τῶν ὀφθαλμῶν τῶν ἰχθύων· ἔοικε γὰρ μαργαρίτῃ ταῦτα ἔνδοθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος. ἔξωθεν δὲ ⟨ὁ ῥαγο⟩ειδὴς χιτών ἐστι, δι' οὗ ἐστι τὸ μέλαν τὸ φαινόμενον ἐν τῷ ὀφθαλμῷ· ἐν δὲ τῷ μέσῳ ἔχει ὀπήν τινα, ⟨ὃ⟩ οὕτως λέγεται κόριον, δι' ἧς ἐξέρχεται τὸ ὀπτικὸν πνεῦμα. ἔξωθεν δὲ τούτων ἐστὶν ὁ κερατοειδὴς διαυγής, ὃς ὡς κέρατι ἔοικεν. ἔξωθεν δὲ τούτων πάντων ἐστὶν ὁ ἐπιπεφυκώς· τοῦτο δέ ἐστι τὸ φαινόμενον λευκὸν ἐν τοῖς ὀφθαλμοῖς κύκλῳ τοῦ μέλανος· λέγεται δὲ μέλαν τότε. καὶ ἀρκέσεται αὕτη ἡ ἀνατομὴ σύντομος ῥηθῆναι τοῦ ὀφθαλμοῦ· ἀνέλθωμεν γοῦν ἐπὶ τὰ πάθη.

2. Kap. σξγ (fol. 309ᵛ): Δημοκρίτου Ἀβδηρίτου περὶ ὀφθαλμῶν φλεγμονῆς· φλεγμονή ἐστιν, ὅταν ἐπιταθῇ τὸ ἔρευθος καὶ ὀγκωθῇ τὰ βλέ-

29 SIM. Aet. VII 8. 12, Theoph. Nonn. 46.

1 ἡ addidi δευτέρα δὲ scripsi: δευτέραν P περιστρεφομένη τῶν ὀφθαλμῶν P: correxi 2 πρώτην addidi 3 κοιλότητα] cf. Gal. περὶ χρ. μορ. VIII 6 (463 H. III 639 K.) 5 χιωδῶς] cf. Gal. π. χρ. μορ. X 12 (III 813 sq. K.) 7 εἴπατε P: corr. Diels. 8 συγκαφθῆναι P 10 ὡς addidi εἴ που πάσχει scripsi: εἴ πουχέει P, cf. Orib. III 304 12 μυοῦμεν suspectum 13 πνα P ad rem cf. Gal. π. χρ. μορ. VIII 6 (463 H. III 639 K.) 15 ἀμφίβληστρον δὴ P: correxi οὕτω δὲ ἔοικεν ἤτοι λέγουσι δικτύω P fort. ἢ καὶ 16 ἀμοϊβλήστρω P ἁλιευτικῷ scripsi: ἀφαιρωρικῶ P, nisi mavis ἀναιωρητῷ, cf. Ruf. 154 17 καὶ τὸ ᾠοειδὲς addidi, cf. Ps. Gal. ὅροι 41 (XIX 358) Ruf. 154 ἐπεὶ δὲ P 18 κύριον μόριον] cf. Gal. π. χρ. μορ. VIII 5 (460 H. III 635 K.) ὦπερ (sic) P 20 πανταθόθεν P 21 ταῦτα] an τοῦτο? 22 ἤδη σχιστόν P: correxi 23 ὃ addidi 25 ὃν P 26 εἰς τοὺς ὀφθαλμούς P 27 verba λέγεται - τότε non intellego ἀρκέσεται dubitanter scripsi: εὑρίσκεται P 29 Ἀυδειρίτου P

φάρα, ὡς μόλις ⟨καὶ⟩ μετὰ πόνου ἀνοίγεσθαι. γίνεται δὲ ἐπὶ αἵματι ἐπιρρεύσαντι· διὸ κάλλιον φλεβοτομεῖν ἐκ τῆς ὠμιαίας καὶ κρανιακῆς λεγομένης φλεβός, καὶ δεσμεῖν τοὺς πόδας καὶ καταντλεῖν καὶ τὰς χεῖρας, καὶ ἐγχυματίζειν γάλακτι ⟨πρὸς⟩ τὴν ὀδύνην ἢ καὶ εὐκράτῳ ἢ ἐνζεματίῳ χαμαιμήλου. ἔστι δ' ὅτε καὶ καταπλάττομεν τῷ διὰ φοινίκων καταπλάσματι, ἢ τῷ διὰ κρόκου. ἀπερίττου δὲ γενομένου τοῦ σώματος λούειν δεῖ βρέξαντα σπόγγῳ οἶνον καὶ ἐπιθέντα τῷ ὀφθαλμῷ καὶ δεσμεύσαντα καὶ τροφὴν εὔχυμον παρέχειν.

3. Kap. σο̅ (fol. 310v): Δημοκρίτου Ἀβδηρίτου περὶ φλεγμονῆς ὀφθαλμῶν· ὀπίου, ἀκακίας, κόμεως μεθ' ὕδατος ἐξ ἴσου ἀναλαβὼν χρῶ· ἢ τυρὸν αἴγειον ζεματίσας ἐπίθες τοῖς βλεφάροις. πρὸς ὀξὺν πόνον ὀφθαλμοῦ· φύλλα πηγάνου κοπανίσας καὶ ἀποσυρώσας τὸν χυλὸν ἔνσταζε ταῖς ῥισὶ κατὰ τὸ μέρος τοῦ ὀδυνωμένου ὀφθαλμοῦ καὶ θεραπεύσεις. πρὸς φλεγμονήν· ὑοσκυάμου φύλλα χλωρὰ σὺν ψυλλίῳ καὶ κρόκον ᾠοῦ σὺν κριθίνῳ ἀλεύρῳ καὶ ὕδατι ἑψημένῳ κατάπλασσε.

4. Kap. σοα̅ .... Δημοκρίτου πρὸς ῥεῦμα· περιστερόπουλον μαῦρον κόρον φλεβοτόμησον ὑποκάτω τῆς πτέρυγος αὐτοῦ καὶ εὑρήσεις .... καὶ ἔμβαλε εἰς τὸν ὀφθαλμὸν αὐτῇ τῇ ὥρᾳ.

5. Kap. σοβ̅: Δημοκρίτου πρὸς ῥεῦμα ὀφθαλμοῦ· κοχλίους λαβὼν χερσαίους λείωσον μετὰ λευκοῦ τοῦ ᾠοῦ, καὶ ποίει ἐμπλαστρῶδες καὶ κατάχρισον ἐν ῥάκει καὶ ἐπίθες κατὰ μετώπου, καὶ ἐπὰν τὸ ῥεῦμα παύσῃ, ἀφ' ἑαυτοῦ ἐκπίπτει. πρὸς πόνον ὀφθαλμοῦ· λιθάργυρον καὶ σπέρμα μήκωνος σὺν γυναικείῳ γάλακτι λειώσας (fol. 311r) ἔξωθεν περίχριε.

6. Kap. σοη̅ (fol. 311r): Δημοκρίτου περὶ τριχιάσεως ὀφθαλμῶν. τριχίασίς ἐστιν, ὅταν ἄλλαι τρίχες ἐν τῷ βλεφάρῳ φύουσι καὶ νύττουσι τὸν ὀφθαλμὸν καὶ δακρύειν ποιοῦσιν. ἐν τούτῳ παραλαμβάνομεν τὴν ἀποτομίαν καὶ τὴν ἀναρραφὴν ἢ τὴν καταρραφήν, εἰ ἐν τῷ κάτω βλεφάρῳ εἰσίν. πρὸς χαλάζιον· χαλάζιον λέγεται, ὅταν ἐν τοῖς τοῦ βλεφάρου ἐγγὺς τοῦ ταρσοῦ, ὅπου αἱ τρίχες ⟨εἰσί⟩, ψυδράκιά τινα στρογγύλα γίνεται μαλακὰ καὶ πλαδαρά (fol. 311v), ἐοικότα χαλαζίῳ. τὸ δὲ τοιοῦτον καὶ ἐκτέμνομεν ἢ ἀπολινοῦμεν.

---

24 SIM. Aet VII 68 (157 H.). Paul. Aeg. III 22, 21 (379 H.)   28 SIM. Aet. VII 83 (188 H.)

1 ὡς scripsi: καὶ P   καὶ addidi   2 ὠμιαίας] i. e. ex vena cephalica   3 fort. καὶ τὰς χεῖρας post πόδας collocanda sunt   4 πρὸς addidi coll. Aet. VII 12   fort. ζεματίῳ   χαμαιμήλω P: correxi   5 τῷ] τὸ P   6 ἀπερίτου P   9 ἀυδηρίτου P   13 cf. Theoph. N. 46 (p. 200)   14 ψιλλίω P   17 κορὸν P   lacunam significavi   18 αὐτῇ (comp. scr.) P   22 post ἑαυτοῦ dist. P   25 φύουσι — νύττουσι — ποιοῦσιν P   28 fort. ἐν τοῖς βλεφάροις   29 εἰσί addidi   ψιδράκια P

7. Kap. σπζ (fol. 312r): Δημοκρίτου πρὸς ὑποσφάγματα ὀφθαλμῶν. περὶ ὑποσφάγματος ἤτοι αἱματίδος. ὑπόσφαγμα καλοῦσιν ἤτοι αἱματίδα, ὅταν ⟨ἐκ⟩ πληγῆς τινος ὀφθαλμὸς ῥῆξιν ὑπομένῃ φλεβίων μικρῶν καὶ ἐκχυθῇ αἷμα· γίνεται ⟨δὲ⟩ ἐρυθρὸν τὸ λευκόν, οὐχ ὅλον ἀλλὰ μέρος· ἐὰν δὲ χρονίσῃ, οὐκ ἐρυθρὸν ἀλλὰ μέλαν γίνεται. ἰώμεθα δὲ τούτους σφάττοντες περιστερόπουλον καὶ τὸ αἷμα θερμὸν ἐγχυματίζοντες· τοῦτο καὶ ἐπὶ τοῦ τραύματος ποιῶν μεγάλως ἐπιτυγχάνεις.

8. Kap. σϙ (fol. 312v): Δημοκρίτου περὶ χημώσεως. δύο σημαίνει ἡ χήμωσις πάθη· ἓν μέν, ὅταν ἐκ φλεγμονῆς μεγάλης ἀμφότερα τὰ βλέφαρα κυρτωθῇ καὶ ἐκτραπῇ, καὶ οὐ δύναται ὅλον σκέπειν τὸν ὀφθαλμόν. καὶ τοῦτο θεραπεύομεν ὥσπερ τὸ ὑπόσφαγμα τὴν φλεγμονήν. λέγεται δὲ καὶ χήμωσις κυρίως, ὅταν τὸ λευκὸν ὅλον τοῦ ὀφθαλμοῦ φλεγμαῖνον ὑψηλότερον γένηται τοῦ μέλανος, ὅθεν φαίνεται βαθύτερον καὶ κυκλότερον τὸ μέλαν. καὶ τοῦτο ὅλον ἀπολύσεις ἀποκρουστικοῖς κολλουρίοις. κεχρήμεθα οὖν τὸ κολλούριον τὸ διὰ γάλακτος· ἀποκρούεται δὲ ⟨καὶ⟩ τὸ Θεοφίλιον τὸ δι' οἴνου, ὁ Ἑρμόλαος, τὸ σταυρίδιον καὶ τὰ τοιαῦτα.

9. Kap. σϙβ (fol. 312v): περὶ νεφελίων Δημοκρίτου. λαβὼν στυπτηρίαν Σαρακηνικὴν κε Δ̄, ἅλας Γαγγρηνὸν α' μίαν, βάλλων ἐν ἡλίῳ, κισσοῦ φύλλα ἐκ τῶν ἐξηπλωμένων εἰς πέτραν ἐπάνω τὸν χυλὸν σὺν γάλακτι γυναικείῳ σύγχριε τρίτον τῆς ἡμέρας καὶ θαυμάσεις. ἢ κόπρον πελαργοῦ, στυπτηρίαν σχιστὴν εἰς ῥάκος κοκκινίσας πρὸ τοῦ ἀνατεῖλαι τὸν ἥλιον χρίε τοὺς ὀφθαλμούς. ἢ σκόροδον τρίψας μετὰ γάλακτος γυναικὸς χρίε καὶ θαυμάσεις.

10. Kap. τζ (fol. 314v): Δημοκρίτου πρὸς ὑπώπια καὶ πελιώματα. θαψίας χυλοῦ Γο Δ̄, λιβάνου Γο Γ̄, κηροῦ Γο Ā, τήξας τὸν κηρὸν ῥοδίνῳ ἀναλάμβανε τὰ ξηρὰ καὶ μίξας χρῶ· πεπείραται γάρ. ἢ βρυωνίας ῥίζαν σὺν μέλιτι ἀναλάμβανε κηρωτῇ.

11. Kap. υλβ (fol. 329r): Δημοκρίτου περὶ φλεγμονῆς γαργαρεῶνος. γαργαρεών ἐστιν ἡ λεγομένη παρὰ τοῖς ἰδιώταις σταφυλή. ἔστι δ' ὅτε φλε-

---

1 SIM. Aet. VII 22 (42 H.). Paul. Aeg. III 22, 6. 7 (374 H.). Theoph. N. 48 (206) 8 SIM. Paul. Aeg. III 22,5 (373 H.). Theoph. N. 47 (204); Orib. V 446

1 πρὸς] περὶ P ὑποφράγματα P 3 ἐκ addidi ex Aet. πληγῇ P ὑπομένων P 4 δὲ addidi 5 γίνεται scripsi: λέγεται P fort. τοῦτο 9 ἐκ] ἐκὼν (sic) P 10 ἐκτραπῇ Paul. Aeg.: οὐ τραπῇ P 11 τούτων P 13 κυκλότ P 14 τότε λοιπὸν ἀπολύσει P: correxi κουλλούριον P 15 καὶ addidi ad Theophilium cf. Alex. Tr. II 19. Aet. VII 45 (110) ad Hermolaum cf. Aet. VII 9 (22 H.). Alex. Tr. II 21 16 fort. στατικὸν coll. Aet. VII 7 (16 H.) 18 ad Γαγγρηνόν cf. Steph. Byz. s. Γάγγρα, Theoph. N. 62 (238) βάλλον P ἡλίῳ] σ P 26 ξη (litt. ρὰ macula delet.) P βρωμίου P: correxi coll. Gal. XII 817 27 ἀναλαμβάνου P 28 cf. cod. Laur. App. 2 f. 359 29 mg. post ἰδιώταις add. γαργαρεών P

γμαίνει καὶ νεκροῦται, καὶ τότε παραλαμβάνομεν τὴν ϲταφυλὴν τομῇ ἢ καίομεν ψυχροκαυτῆρι. Δεῖ δὲ εἰδέναι ὅτι τετραχῶϲ λέγεται τὸ μόριον τοῦτο· γαργαρεών, ϲταφυλή, κιονὶϲ καὶ ἱμάϲ. γαργαρεὼν μὲν γάρ, ὅταν κατὰ φύϲιν ἔχῃ. ϲταφυλὴ δέ, ὅταν ⟨φλεγμήνῃ αὐτοῦ τὸ ἄκρον καὶ ὁμοιωθῇ ῥαγὶ ϲταφυλῆϲ· κιονὶϲ δὲ ὅταν⟩ ὅλωϲ φλεγμήνῃ καὶ παχυνθῇ ὡϲ κίων· ἱμὰϲ δέ, ὅταν λεπτυνθῇ καὶ τακῇ ὥϲπερ ἱμάϲ, τουτέϲτι λῶρον. Δεῖ δὲ ϲχεδὸν ἀεὶ ἐπὶ αὐτῶν ἀναγαργαριϲμοῖϲ χρῆϲθαι δι' ὑδροροϲάτου καὶ χυλοῦ πτιϲάνηϲ καὶ ἀποζέματοϲ φακῆϲ καὶ φοινίκων καὶ βάτων καὶ τῶν τοιούτων.

12. Kap. φϙδ (fol. 366^v): πρὸϲ ἔμετον ϲτομάχου Δημοκρίτου. ἀφρόνιτρον λευκὸν βάλλε εἰϲ ὕδωρ χλιαρόν, ἕωϲ οὗ λυθῇ, βραχύ τι ἔλαιον ἐπιβάλλων, καὶ πάρεχε πίνειν· ἢ νίτρον ὁμοίωϲ ἐν ὕδατι χλιαρῷ χυλίϲαϲ καὶ ὀλίγον ἔλαιον ἐπιπλέξαϲ πάρεχε πίνειν καὶ ἐρέθιζε πρὸϲ ἔμετον. φϙε· ϲταλτικὸν ἐμέτου Ἀβδηρίτου· ἡδύοϲμον κό- (fol. 367^r) ψαϲ καὶ ϲήϲαϲ καὶ μίξαϲ ἐλαίῳ ῥοδίνῳ ἐπίχριε τὸ ϲτῆθοϲ καὶ τὰϲ ῥῖναϲ· ἢ φοίνικαϲ Θηβαικούϲ, ἡδυόϲμου κλῶναϲ πέντε, ὕδατοϲ ποτήρια δύο μετρῶν ἕψει, ἕωϲ γλοιῶδεϲ γένηται, καὶ τὸ ἥμιϲυ πότιζε.

13. Kap. ψλϙ (fol. 391^r): Δημοκρίτου· ἀγριοκαρδάμου ῥίζα καὶ τὸ ϲπέρμα οὖρον κινεῖ καὶ καταμήνια προτρέπει μετὰ οἰνομέλιτοϲ ἑψημένη καὶ πινομένη· ⟨ἢ⟩ ἀρτεμιϲίαν ἐκτριτώϲαϲ δίδου πιεῖν μετὰ οἴνου παλαιοῦ εἰϲ ἔμβαϲιν. ποιεῖ δὲ αὕτη καὶ εἰϲ τὰϲ ὑϲτέραϲ τῶν γυναικῶν.

14. Kap. ψξδ (fol. 394^r): Παύλου γενικοῦ καὶ Δημοκρίτου περὶ πόνων ἰϲχίου· κολοφωνίαϲ λ̸ ϛ″· ὀποπάνακοϲ Γο ᾱ· χαλβάνηϲ Γο β̄· κηροῦ Γο γ̄· ἐλαίου κο^τλ ϛ″· ὄξουϲ ὀλίγου.

15. Kap. ᾱμ (fol. 508^r): πρὸϲ λέπραϲ, ἵνα ἀναύξειϲ γένωνται· χρυϲῷ αὐτὰϲ περίγραφε ἄχρι τοῦ ὑγιοῦϲ τόπου, περιχαράϲϲων ἀπὸ τοῦ πεπονθότοϲ, καὶ μένουϲιν ἀναύξειϲ. τοῦτο Δημόκριτοϲ κελεύει.

---

2 SIM. Theoph. N. 122, cf. Gal. XII 959. Aet. VIII 43. Paul. Aeg. III 22, 26

2 ψυχροκαυκῆρι P 3 ϲταφυλή Theoph. N.: ϲταφυλίϲ P 4 φλεγμήνῃ — ὅταν addidi e Theoph. N. 5 φλεγμάνη P: φλεγμαίνῃ Theoph. N. 8 φοινίκων Theoph. N.: φοινίκου P καὶ βάτων superscr. P 9 cf. cod. Laur. App. 2 f. 340^v 10 ἀφό-νιτρον P βάλε P 11 ἐπίβαλλον P 13 αυδηρίτου P 15 ἕψη P 17 ῥί-ζαν P 18 οὖρη P 19 ἢ addidi ἀρτιμυϲίαν P 20 αὐτὴ P 21 cf. cod. Laur. app. 2 f. 356 γενικοῦ (comp. scr.) P 22 πόνον P

Ausgegeben am 25. Juni.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1908.
XXXII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

25. Juni. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Vahlen.

1. Hr. Planck trug über »Die kanonische Zustandsgleichung einatomiger Gase« vor. (Erste Mittheilung.)

Als »kanonische« Zustandsgleichung wird diejenige Relation bezeichnet, welche die Entropie als Function der Energie und des Volumens darstellt. Diese Gleichung, welche das gesammte thermodynamische Verhalten der Substanz charakterisirt, lässt sich auf Grund der Boltzmann'schen Definition der Entropie durch die Wahrscheinlichkeit des Zustandes direct ableiten und ergiebt für ein Gas, dessen Atome als starre Kugeln vorausgesetzt werden, eine Beziehung zwischen Druck, Volumen und Temperatur, welche mit der bekannten van der Waals'schen Zustandsgleichung im Wesentlichen übereinstimmt.

2. Hr. Frobenius legte eine Arbeit des Hrn. Prof. Dr. Landau vor: Zwei neue Herleitungen für die asymptotische Anzahl der Primzahlen unter einer gegebenen Grenze. (Ersch. später.)

Der Verfasser giebt zwei neue Beweisanordnungen für den Satz, dass die Anzahl der Primzahlen bis x asymptotisch gleich dem Integrallogarithmus von x ist.

3. Der Vorsitzende legte den von dem General-Secretar Prof. Dr. Otto Puchstein erstatteten Jahresbericht über die Thätigkeit des Kaiserlich Deutschen Archäologischen Instituts vor. (Ersch. später.)

4. Hr. Koser überreichte den ersten Band des von ihm und Prof. Dr. Hans Droysen auf Grund der für die Königlichen Archive erworbenen Autographensammlungen bearbeiteten neuen Ausgabe des Briefwechsels Friedrich's des Grossen mit Voltaire (Publikationen aus den Preussischen Staatsarchiven Band 81). Derselbe legte im Namen der Centraldirection der Monumenta Germaniae historica vor: Scriptorum Tomi XXXII Pars II (enthaltend den Schluss der Chronik des Minoriten Salimbene de Adam in der Bearbeitung von Oswald Holder-Egger nebst Appendices und Registern).

5. Hr. von Wilamowitz-Moellendorff überreichte seine Schrift: Greek Historical Writing and Apollo. Oxford 1908.

6. Die Akademie hat durch die philosophisch-historische Classe zur Bearbeitung der hieroglyphischen Inschriften der griechisch-römischen Epoche für das Wörterbuch der aegyptischen Sprache 1000 Mark bewilligt.

Über die kanonische Zustandsgleichung einatomiger Gase.

Von Max Planck.

Erste Mitteilung.

Einleitung.

Als »Zustandsgleichung« einer Substanz wird in der Thermodynamik gewöhnlich diejenige Relation bezeichnet, welche den Druck p, das Volumen V und die Temperatur T miteinander verknüpft. Indessen erschöpft diese Gleichung bekanntlich keineswegs das gesamte thermodynamische Verhalten der Substanz. Insbesondere kann man aus ihr weder die spezifischen Wärmen c_v und c_p, noch die freie Energie F, noch die Gesamtenergie E, noch die Entropie S eindeutig berechnen, wenn auch allen diesen Größen durch die Zustandsgleichung gewisse Bedingungen auferlegt werden.

Nun ist aber schon im Jahre 1877 von F. Massieu, ebenso wie später von J. W. Gibbs, H. von Helmholtz u. a. darauf hingewiesen worden, daß sämtliche thermodynamische Eigenschaften einer Substanz, also auch die gewöhnliche Zustandsgleichung, sich aus einer einzigen charakteristischen Funktion der unabhängigen Variablen durch einfache Differentiationen in vollkommen eindeutiger Weise ableiten lassen. Daher wird es zur Gewinnung einer möglichst vollständigen Kenntnis der thermodynamischen Natur einer Substanz zweckmäßig sein, statt der gewöhnlichen Zustandsgleichung die charakteristische Funktion selber ins Auge zu fassen. Je nach der Wahl der unabhängigen Variablen ist aber diese Funktion eine andere: für V und T als unabhängige Variable ist es die freie Energie $F = E - TS$, für T und p ist es die Funktion $E - TS + pV$, für V und E ist es die Entropie S. Man wird also noch eine Entscheidung darüber zu treffen haben, welcher von diesen verschiedenen charakteristischen Funktionen bzw. welchen unabhängigen Variablen der Vorzug zu geben ist. Diese Frage soll zunächst erörtert werden.

Wenn es nicht auf die größere Bequemlichkeit in der praktischen Handhabung der Formeln, sondern auf ihre prinzipielle Bedeutung ankommt, so kann die Auswahl unter den unabhängigen Variablen nicht schwer sein. Denn vom prinzipiellen Standpunkt aus haben diejenigen Größen den ersten Anspruch darauf, als unabhängige Variablen Verwendung zu finden, welche die allgemeinste Bedeutung besitzen. Aus diesem Grunde kommt sowohl der Druck p als auch die Temperatur T als unabhängige Variable erst an zweiter Stelle in Betracht. Beide Größen verlieren nämlich ihre Bedeutung, wenn man den allgemeinsten Zustand der die betrachtete Substanz bildenden Molekeln ins Auge faßt. Denn sowohl der Druck als auch die Temperatur sind nur zu definieren durch Mittelwerte, und zwar der Druck durch den Mittelwert der Bewegungsgrößen, die Temperatur durch den Mittelwert der kinetischen Energien der Molekeln, und solche Mittelwerte werden im allgemeinen gar nicht existieren. Daher bleiben von den obengenannten unabhängigen Variablen nur das Volumen V und die Energie E zurück, welche auch im allgemeinsten Falle, für jeden beliebig herausgegriffenen Teil der ganzen Molekelschar, bestimmte Werte besitzen, und dem entsprechend ist nach dem Obigen die Entropie S als charakteristische Funktion der Substanz zu wählen.

Entsprechend der allgemeinen für Gleichgewichtszustände geltenden thermodynamischen Beziehung:

$$dS = \frac{dE + pdV}{T}$$

findet man dann durch Differentiation von S nach E die Temperatur T und durch Differentiation nach V das Verhältnis $\frac{p}{T}$ als Funktion von E und V, und dadurch sind alle thermodynamischen Größen in bestimmte Beziehungen zueinander gebracht. Ich will im folgenden zur Abkürzung diese ausgezeichnete Zustandsgleichung, welche S als Funktion von E und V darstellt, die »kanonische« Zustandsgleichung nennen.

Abgesehen von ihrer im vorstehenden dargelegten prinzipiellen Bedeutung besitzt nun aber die kanonische Zustandsgleichung noch einen anderen, nicht nur prinzipiell wichtigen, sondern auch eminent praktischen Vorzug vor den übrigen Formen der Zustandsgleichung: es existiert nämlich eine Methode, um diese Zustandsgleichung für eine gegebene Substanz wirklich abzuleiten, und zwar auf Grund der allgemeinen von L. Boltzmann aufgestellten Definition der Entropie durch die Wahrscheinlichkeit. Diese Methode besitzt vor allem den Vorzug vor den sonst gebräuchlichen im Anschluß an die grundlegenden Untersuchungen von J. D. van der Waals entwickelten Me-

thoden zur Aufstellung der Zustandsgleichung, daß man nicht von thermodynamischen Gleichgewichtszuständen auszugehen und daher auch keinerlei Voraussetzungen über das Gesetz der Geschwindigkeitsverteilung und über die kinetische Bedeutung der Temperatur von vornherein einzuführen braucht. So plausibel es nämlich auch erscheinen mag, die Temperatur einfach als Maß der mittleren lebendigen Kraft der fortschreitenden Bewegung der Molekeln zu betrachten, so umständlich und schwierig ist es auch, die allgemeine Zulässigkeit dieser Definition wirklich streng zu beweisen. Denn dazu ist natürlich vor allem der Nachweis erforderlich, daß die mittlere lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung der Molekeln für zwei ganz beliebige Substanzen, die miteinander im thermischen Gleichgewicht stehen, die nämliche ist. Ein solcher Nachweis ist ganz entbehrlich und der Begriff der Temperatur überhaupt unwesentlich, wenn man es gar nicht mit Gleichgewichtszuständen zu tun hat. Wohl aber lassen sich, wenn erst einmal der allgemeine Ausdruck der Entropie gefunden ist, aus dem Maximalwert derselben alle Eigenschaften des Gleichgewichtszustandes, also sowohl das Gesetz der Geschwindigkeitsverteilung als auch die kinetische Bedeutung der Temperatur, in einfacher Weise deduzieren (vgl. unten § 5).

Die Brauchbarkeit der angedeuteten Methode für die Ableitung der Zustandsgleichung idealer einatomiger Gase habe ich bei einer früheren Gelegenheit gezeigt. In den folgenden Untersuchungen beabsichtige ich, dieselbe zunächst auf die Zustandsgleichung beliebiger einatomiger Gase anzuwenden. Die Verallgemeinerungen, die zu diesem Zweck an den für ideale Gase giltigen Ausdrücken angebracht werden müssen, sind zweierlei Art. Erstens ist der Ausdruck der Energie E des Gases, welcher bei idealen Gasen nur die kinetische Energie enthält, zu erweitern durch die Aufnahme eines additiven Gliedes, welches die potentielle Energie der zwischen den Atomen wirksamen Kräfte ausdrückt. Diese Operation ist ohne jede Schwierigkeit auszuführen. Zweitens aber erfordert der Ausdruck der Wahrscheinlichkeit, aus welchem die Entropie S zu bilden ist, einige besondere Überlegungen. Bei idealen Gasen wird nämlich die Wahrscheinlichkeit eines durch ein beliebig vorgeschriebenes Gesetz der Raum- und Geschwindigkeitsverteilung gegebenen Zustandes einfach ausgedrückt durch die Anzahl der diesem Zustand entsprechenden »Komplexionen«, d. h. durch die Zahl sämtlicher verschiedenartigen individuellen Zuordnungen der einzelnen Molekeln zu den einzelnen Elementargebieten des Raumes und der Geschwindigkeit, welche bei dem vorgeschriebenen Raum- und Geschwindigkeitsverteilungsgesetz möglich sind. Dieser Satz schließt offenbar die Voraussetzung in sich, daß alle verschiedenen

Komplexionen gleichwahrscheinlich sind, daß also z. B. eine Komplexion, bei der sämtliche Atome in einem einzigen bestimmten Raumelement liegen, ebenso wahrscheinlich ist wie eine andere, bei der die einzelnen Atome in ganz bestimmter Weise auf verschiedene Raumelemente verteilt sind. Solange die Atome keinerlei Wirkungen aufeinander ausüben. wird man diese Voraussetzung ebenso als richtig anerkennen müssen wie etwa den Satz, daß es ebenso wahrscheinlich ist, mit einem gewöhnlichen sechsseitigen Würfel bei 6 Würfen jedesmal 6 Augen zu werfen wie das erstemal 1, das zweitemal 2, das drittemal 3 usw., oder überhaupt irgendwelche ganz bestimmte Zahlen in ganz bestimmter Reihenfolge zu werfen.

Sobald aber die Atome irgendwelche Wirkungen im Raum aufeinander ausüben, ist es, wie auch schon L. Boltzmann[1] gezeigt hat, für die Wahrscheinlichkeit der Zuordnung eines Atoms zu einem bestimmten Raumgebiet nicht mehr gleichgültig, ob schon andere Atome in diesem Raumgebiet vorhanden sind oder nicht. Am einfachsten läßt sich dies einsehen, wenn man sich die Atome als starre undurchdringliche Raumgebilde von endlichem, wenn auch sehr kleinem Voluminhalt denkt. Denn dann ist bei der Einordnung eines Atoms in ein Raumgebiet die Größe des für das Atom verfügbaren Raumes, also auch die Wahrscheinlichkeit, daß das Atom in das Raumgebiet zu liegen kommt, mitbedingt durch die Anwesenheit anderer Atome. Je mehr Atome in dem Gebiet schon vorhanden sind, um so beschränkter ist der für neue Atome verfügbare Raum, und wenn das Gebiet so von Atomen besetzt ist, daß zwischen ihnen keine anderen mehr Platz haben, so ist die Wahrscheinlichkeit des Hinzutretens eines neuen Atoms direkt gleich Null. Aber auch wenn man sich die Atome als ausdehnungslose Zentren von anziehenden oder abstoßenden Kräften vorstellt, deren Intensität mit abnehmender Entfernung schnell wächst, erkennt man leicht die Existenz eines Einflusses der gegenseitigen Wirkungen auf die Wahrscheinlichkeit einer Komplexion, nur daß hierbei dann auch die relative Geschwindigkeit je zweier Atome eine wesentliche Rolle spielt. Ist z. B. die Kraft zwischen zwei Atomen anziehend, so nehmen dieselben bei starker Annäherung notwendig eine große relative Geschwindigkeit an; es ist also sehr unwahrscheinlich, daß zwei Atome mit sehr kleiner relativer Geschwindigkeit sich in sehr großer Nähe befinden. Umgekehrt verhält es sich, wenn je zwei Atome sich abstoßen. In jedem Falle aber läßt sich die Wahrscheinlichkeit einer bestimmten Komplexion aus den angenommenen Daten nach bekannten Methoden berechnen.

---

[1] L. Boltzmann, Gastheorie II, S. 171, 1898.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß auch bei Berücksichtigung der Wechselwirkungen der Atome die Entropie eines Gases in irgendeinem gegebenen Zustand aus der Wahrscheinlichkeit des Zustandes abgeleitet werden kann; nur hat man dann außer der Anzahl der dem Zustand entsprechenden Komplexionen auch noch die Wahrscheinlichkeit der einzelnen Komplexionen zu berücksichtigen. Die Durchführung dieser Aufgabe für verschiedene Annahmen bezüglich der Wechselwirkungen der Atome bildet das Ziel der von mir begonnenen Untersuchungen. In der vorliegenden Mitteilung habe ich den einfachsten Fall behandelt, daß die Atome als starre undurchdringliche Kugeln betrachtet werden dürfen, und zwar unter der vereinfachenden Voraussetzung, daß die Summe der Volumina der Kugeln klein ist gegen das Gesamtvolumen des Gases. Das Resultat ist eine Form der kanonischen Zustandsgleichung, welche für die Beziehung zwischen Druck, Volumen und Temperatur im wesentlichen zu der bekannten van der Waalsschen Formel führt, wie auch leicht verständlich ist, da die van der Waalssche Theorie gerade von der nämlichen physikalischen Voraussetzung gebrauch macht.

Über die aus der Annahme von ausdehnungslosen Kraftzentren folgenden Resultate hoffe ich bei einer anderen Gelegenheit berichten zu können.

§ 1.

Entropie.

Wir denken uns ein aus einer sehr großen Zahl N von gleichartigen Atomen bestehendes Gas in irgendeinem gegebenen Zustand Z. Dazu gehört und ist hinreichend, daß die Raum- und die Geschwindigkeitsverteilung der Atome bekannt ist, d. h. daß die Anzahl der Atome gegeben ist, deren Raumkoordinaten bzw. in den Intervallen von x bis $x + dx$, y bis $y + dy$, z bis $z + dz$, und deren Geschwindigkeitskomponenten zugleich in den Intervallen von ξ bis $\xi + d\xi$, η bis $\eta + d\eta$, ζ bis $\zeta + d\zeta$ liegen. Setzen wir zur Abkürzung:

$$dx \cdot dy \cdot dz = \tau \quad \text{und} \quad d\xi \cdot d\eta \cdot d\zeta = \sigma, \tag{1}$$

so sei diese Anzahl:

$$f\,(x, y, z, \xi, \eta, \zeta) \cdot \tau \cdot \sigma.$$

Dabei ist also die Funktion f als gegeben anzusehen. Dieselbe kann jede beliebige Form besitzen, wenn nur:

$$\Sigma_\tau \Sigma_\sigma f \cdot \tau \cdot \sigma = N. \tag{2}$$

Es handelt sich nun um die Entropie S des Gases in dem gegebenen Zustand Z. Allgemein ist[1]:

$$\left.\begin{aligned} S &= k \log W + \text{const} \\ k &= 1{,}346 \cdot 10^{-16} \tfrac{\text{erg}}{\text{grad}} \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

wobei

und W die Wahrscheinlichkeit des Zustandes Z bedeutet. Dieselbe wird nach L. Boltzmann[2] gemessen durch die Anzahl $\mathfrak{N}$ der Komplexionen oder der individuellen Zuordnungen, welche der gegebenen Raum- und Geschwindigkeitsverteilung f entsprechen:

$$\mathfrak{N} = \frac{N!}{\Pi\,(f \cdot \tau \cdot \sigma)!} \qquad (4)$$

Aber dieses einfache Maß für die Wahrscheinlichkeit ist nur dann direkt brauchbar, wenn sämtliche überhaupt möglichen Komplexionen, auch wenn sie ganz verschiedenen Zuständen angehören, von vornherein gleichwahrscheinlich sind, wenn also z. B. eine bestimmte Komplexion, bei der alle Atome in einem einzigen bestimmten Raumelement τ vereinigt sind, genau ebenso wahrscheinlich ist, wie eine andere Komplexion, bei der die einzelnen Atome über alle Raumelemente in bestimmter individuell geordneter Weise verteilt sind. Diese Voraussetzung trifft nun aber nur für den Fall zu, daß die Atome sich gänzlich unabhängig voneinander verhalten, d. h. daß es bei der Verteilung der Atome auf die verschiedenen Raumgebiete τ für die Wahrscheinlichkeit keinen Unterschied macht, ob ein Raumgebiet, dem ein Atom zugeteilt wird, bereits andere Atome enthält oder nicht. Denn wenn die Atome mit Kräften aufeinander wirken, und zwar um so stärker, je näher sie aneinander rücken, so ist einleuchtend, daß für Raumgebiete, welche bereits viele Atome enthalten, das Hinzutreten neuer Atome mit anderen Bedingungen verknüpft ist als für Raumgebiete, in welchen sich wenige oder gar keine Atome befinden. Näheres hierüber ist schon oben in der Einleitung ausgeführt worden.

Um daher das richtige Maß für die Wahrscheinlichkeit W eines bestimmten Zustandes Z zu gewinnen, hat man nicht nur die Zahl $\mathfrak{N}$ der dem Zustand entsprechenden Komplexionen, sondern auch die Wahrscheinlichkeit jeder einzelnen dieser Komplexionen zu berücksichtigen. Nun ist zunächst klar, daß alle $\mathfrak{N}$ Komplexionen, welche einem und demselben Zustand Z entsprechen, untereinander gleich wahrscheinlich sind; denn sie unterscheiden sich nur durch den Aus-

---

[1] M. Planck, Vorlesungen über Wärmestrahlung S. 162, Gl. (253).

[2] L. Boltzmann, Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 76, 11. Oktober 1877. M. Planck, a. a. O. S. 143.

tausch individueller Atome, während die Verteilungsfunktion f bei allen Komplexionen dieselbe bleibt. Also ist

$$W = \mathfrak{N} \cdot w, \tag{5}$$

wobei w die Wahrscheinlichkeit irgendeiner der Verteilungsfunktion f angehörigen Komplexion bedeutet. Es bleibt sonach noch w zu bestimmen.

Da die Vorgänge in verschiedenen Raumgebieten τ gänzlich unabhängig voneinander sind, so stellt sich w als ein Produkt dar:

$$w = \Pi_\tau w_\tau. \tag{6}$$

Hierbei ist die Multiplikation Π_τ über alle Raumgebiete τ zu erstrecken, und w_τ bezeichnet die Wahrscheinlichkeit dafür, daß

$$\tau \cdot \Sigma_\sigma f \cdot \sigma = \nu \tag{7}$$

gegebene Atome mit der durch die Funktion f vorgeschriebenen Geschwindigkeitsverteilung im Raumgebiet τ vereinigt sind. ν ist eine große Zahl, und nach (2) ist:

$$\Sigma_\tau \nu = N. \tag{8}$$

Für den speziellen Fall, daß alle Atome sich gänzlich unabhängig voneinander verhalten, d. h. für ein ideales Gas, geht W in $\mathfrak{N}$ über; dann erreicht also w, und ebenso w_τ, den Maximalwert 1. Daher kann man auch sagen: die Wahrscheinlichkeit w_τ, ein echter Bruch, ist das Verhältnis der Wahrscheinlichkeit dafür, daß ν Atome mit der durch die Funktion f vorgeschriebenen Geschwindigkeitsverteilung im Raume τ vorhanden sind, zu derjenigen Wahrscheinlichkeit, welche in dem nämlichen Raume τ für die nämliche Geschwindigkeitsverteilung f bestehen würde, wenn die Atome sich unabhängig voneinander verhielten, d. h. keinerlei Wirkungen aufeinander ausüben würden.

Nach den vorstehenden Gleichungen (3) und (5) wird somit die Entropie des Zustandes Z:

$$S = k \log \mathfrak{N} + k \log w + \text{const}$$

oder mit Einsetzung der Werte von $\mathfrak{N}$ aus (4) und w aus (6) und Benutzung des Stirlingschen Satzes in seiner abgekürzten Form:

$$n! = \left(\frac{n}{e}\right)^n$$

$$S = -k \Sigma_\tau \Sigma_\sigma f \cdot \log f \cdot \tau \cdot \sigma + k \Sigma_\tau \log w_\tau + \text{const}. \tag{9}$$

§ 2.

Volumen und Energie.

In dem gegebenen Zustand Z besitzt das Gas natürlich auch ein bestimmtes Volumen V und eine bestimmte Energie E, und zwar ist:

$$V = \Sigma_\tau \tau. \tag{10}$$

Bezüglich der Energie E wollen wir der Einfachheit wegen annehmen, was zwar nicht selbstverständlich ist, aber durch die Analogie mit den grobmechanischen Vorgängen nahegelegt wird, daß E sich als Summe zweier Glieder darstellt:

$$E = L + U, \tag{11}$$

von denen das eine, die kinetische Energie L, den Wert hat:

$$L = \frac{m}{2} \Sigma_\tau \Sigma_\sigma (\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2) \cdot f \cdot \tau \cdot \sigma \tag{12}$$

(m Masse eines Atoms), während das andere, die potentielle Energie U, nur von der gegenseitigen Lagerung der Atome abhängt. Dann ist U, wie Helmholtz schon im Jahre 1847 in seiner »Erhaltung der Kraft« nachgewiesen hat, das Potential von anziehenden und abstoßenden Zentralkräften, welche zwischen je 2 Atomen wirken.

Wir bezeichnen die potentielle Energie oder das Potential zweier in der Entfernung r befindlicher Atome aufeinander mit $\phi(r)$. Je nachdem $\phi(r)$ mit wachsendem r zunimmt oder abnimmt, ist die zwischen den Atomen wirkende Kraft anziehend oder abstoßend. Da die Vorgänge in den verschiedenen Raumgebieten τ unabhängig voneinander verlaufen, so folgt, daß in Entfernungen r, welche von der Größenordnung der linearen Dimensionen von τ sind, und darüber hinaus $\phi(r)$ sich mit r nicht mehr merklich ändert. Durch eventuelle Hinzufügung einer passenden additiven Konstanten können und wollen wir bewirken, daß $\phi(r)$ für $r = \infty$ den Wert Null annimmt. Dann ist $\phi(r)$ bei Anziehung negativ, bei Abstoßung positiv. Die potentielle Energie U des Gases ist von der Form:

$$U = \Sigma_\tau U_\tau, \tag{13}$$

wo U_τ die potentielle Energie des Raumgebietes τ bezeichnet. Um diese zu berechnen, gehen wir zunächst aus von irgendeinem in τ befindlichen beliebig herausgegriffenen Atom und summieren für dieses Atom die Potentiale $\phi(r)$ aller in dem Gebiet τ vorhandenen ν (eigentlich $\nu - 1$) Atome, wodurch wir erhalten:

$$\sum_r \varphi(r) \tag{14}$$

Nach der Hypothese der molekularen Unordnung ist diese Summe für alle in τ befindlichen ν Atome bis auf unregelmäßige Abweichungen die nämliche, also wird die ganze potentielle Energie des Raumgebietes τ:

$$U_\tau = \tfrac{1}{2}\nu\Sigma_r\varphi(r). \tag{15}$$

Der Faktor $\frac{1}{2}$ muß beigefügt werden, damit jede Kombination je zweier Atome nur einmal vorkommt. Somit ist die gesamte Energie E des Gases:

$$E = \frac{m}{2}\Sigma_\tau\Sigma_\sigma(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)\cdot f\cdot\tau\cdot\sigma + \tfrac{1}{2}\Sigma_\tau\nu\cdot\Sigma_r\varphi(r). \tag{16}$$

§ 3.

Die Atome als starre Kugeln.

Zur Ableitung der kanonischen Zustandsgleichung bedarf es der vollständigen Berechnung der Entropie S, und diese erfordert die Ermittlung der Wahrscheinlichkeit w_τ in Gleichung (9). Am einfachsten gestaltet sich diese Berechnung, wenn man die Annahme einführt, daß jedes Atom einen besonderen Raum für sich allein beansprucht, in welchen andere Atome unter keinen Umständen eindringen können, während außerhalb dieses Raumes die übrigen Atome alle möglichen Lagen mit gleicher Wahrscheinlichkeit einnehmen können. Diese allerdings nur als eine erste Annäherung an die Wirklichkeit zu betrachtende Annahme wollen wir in der folgenden Untersuchung festhalten und sie noch weiter dahin spezialisieren, daß die Eigenräume der Atome Kugeln sind, deren Dimensionen natürlich gegen die eines Raumgebietes τ verschwinden. Dann ist w_τ, wie sich aus der in § 1 auseinandergesetzten Definition unmittelbar ergibt, einfach die Wahrscheinlichkeit dafür, daß, wenn ν gegebene gleichgroße Kugeln unabhängig voneinander in ganz beliebiger Anordnung in einem Raume τ verteilt werden, nirgends zwei Kugeln sich gegenseitig durchdringen. Die Geschwindigkeitsverteilung spielt hierbei gar keine Rolle. Die Bedingung, daß zwei gleiche Kugeln sich gegenseitig nicht durchdringen, wird dadurch ausgedrückt, daß die Entfernung ihrer Mittelpunkte größer ist als ein Kugeldurchmesser d. Wenn also die erste Kugel irgendwo im Raume τ liegt, so bleibt für den Mittelpunkt der zweiten Kugel nur mehr der Spielraum $\tau - \frac{4\pi}{3}d^3$ übrig, welcher die Differenz des ganzen verfügbaren Raumes τ und der »Deckungssphäre« β der ersten Kugel darstellt. Die fragliche Wahrscheinlichkeit ist mithin:

$$1 - \frac{4\pi}{3}\frac{d^3}{\tau} = 1 - \frac{\beta}{\tau} \tag{17}$$

Wenn noch eine dritte Kugel im Raum τ vorhanden ist, so bleibt für ihren Mittelpunkt nur mehr der Spielraum $\tau - 2\beta$ zur Verfügung, und die gesuchte Wahrscheinlichkeit für 3 Kugeln wird mithin:

$$\left(1-\frac{\beta}{\tau}\right)\cdot\left(1-\frac{2\beta}{\tau}\right). \tag{18}$$

Streng genommen ist dieser Wert nicht genau, sondern etwas zu klein. Denn der dem Mittelpunkt der dritten Kugel unzugängliche Raum ist nicht immer 2β oder die Summe der Deckungssphären der beiden ersten Kugeln, sondern unter Umständen etwas kleiner, weil in dem Falle, daß die Mittelpunkte der beiden ersten Kugeln um weniger als $2d$ voneinander entfernt liegen, ihre Deckungssphären teilweise zusammenfallen. Nach einer unschwierigen Rechnung, die hier nicht näher ausgeführt werden soll, lautet der genaue Wert für 3 Kugeln vielmehr:

$$1-\frac{3\beta}{\tau}+\frac{81\beta^2}{32\tau^2}. \tag{19}$$

Da indessen β sehr klein ist gegen τ, so wollen wir bei dem einfacher gebildeten Ausdruck (18) stehenbleiben. Derselbe liefert, auf den Fall von ν Kugeln verallgemeinert, für die gesuchte Wahrscheinlichkeit den Wert:

$$w_\tau = \left(1-\frac{\beta}{\tau}\right)\cdot\left(1-\frac{2\beta}{\tau}\right)\cdot\left(1-\frac{3\beta}{\tau}\right)\cdots\left(1-\frac{(\nu-1)\beta}{\tau}\right), \tag{20}$$

vorausgesetzt, daß das Produkt $\nu\beta$ noch klein ist gegen τ, d. h. daß die Summe der Eigenvolumina aller Kugeln verschwindet gegen den gesamten ihnen dargebotenen Raum[1].

Daraus folgt:

$$\log w_\tau = \log\left(1-\frac{\beta}{\tau}\right)+\log\left(1-\frac{2\beta}{\tau}\right)+\cdots+\log\left(1-\frac{\nu\beta}{\tau}\right).$$

Da nun $\frac{\beta}{\tau}$ sehr klein ist, so können wir, indem wir $\frac{\beta}{\tau} = dx$ setzen, diese Summe auch als Integral schreiben:

$$\log w_\tau = \frac{\tau}{\beta}\int_0^{\frac{\nu\beta}{\tau}} \log(1-x)\cdot dx,$$

$$\log w_\tau = -\frac{\tau}{\beta}\left(1-\frac{\nu\beta}{\tau}\right)\cdot\log\left(1-\frac{\nu\beta}{\tau}\right)-\nu.$$

[1] Wegen der nächsten Annäherung vgl. Boltzmann, Gastheorie II, S. 171, 1898.

Nun ist nach (7):

$$\frac{\nu}{\tau} = \Sigma_\sigma f \cdot \sigma = \frac{1}{v}, \tag{21}$$

wo v das mittlere Atomvolumen im Raum τ bezeichnet; folglich:

$$\log w_\tau = -\frac{\tau}{\beta}\left(1 - \frac{\beta}{v}\right) \log\left(1 - \frac{\beta}{v}\right) - \nu \tag{22}$$

und durch Substitution in (9) die Entropie des Gases:

$$S = -k\Sigma_\tau\Sigma_\sigma\, f \cdot \log f \cdot \tau \cdot \sigma - \frac{k}{\beta}\Sigma_\tau \tau \cdot \left(1 - \frac{\beta}{v}\right) \log\left(1 - \frac{\beta}{v}\right) + \text{const.} \tag{23}$$

Jetzt wollen wir noch die Energie (16) des Gases berechnen für den angenommenen Fall kugelförmiger Atome. Um die Summe $\Sigma_r \phi(r)$ für ein aus einem Raumgebiet τ beliebig herausgegriffenes Atom zu bilden, teilen wir das ganze Raumgebiet τ durch Polarkoordinaten r, ϑ, ω, deren Anfangspunkt im Mittelpunkt des Atoms liegt, und deren Differentiale in unendlich kleine Unterabteilungen von der Größe:

$$r^2 \sin\vartheta\, dr\, d\vartheta\, d\omega = d\tau\,.$$

Da nach der am Anfang des § 3 eingeführten Voraussetzung die Mittelpunkte der übrigen Atome alle möglichen Lagen außerhalb der Deckungssphäre des betrachteten Atoms mit gleicher Wahrscheinlichkeit einnehmen, so ist die Zahl der in einem Raumelement $d\tau$ befindlichen Atome bis auf unregelmäßige Abweichungen nach (21): $\frac{d\tau}{v}$, und wir erhalten:

$$\begin{aligned}\Sigma_r \varphi(r) &= \frac{1}{v}\int \varphi(r) \cdot d\tau \\ &= \frac{1}{v}\iiint \varphi(r) \cdot r^2 \cdot \sin\vartheta\, dr\, d\vartheta\, d\omega \\ &= \frac{4\pi}{v}\int_d^\infty \varphi(r) \cdot r^2 \cdot dr.\end{aligned}$$

Damit das Integral endlich ist, muß offenbar $\phi(r)$ für unendlich große Werte von r stärker als $\frac{1}{r^3}$ verschwinden. Mit Einführung des Wertes von ν aus (21) und der nur von der Natur des Gases abhängigen Konstante

$$a = -2\pi\int_d^\infty \varphi(r) \cdot r^2 \cdot dr,$$

welche nach den Bemerkungen in § 2 über das Vorzeichen von $\phi(r)$ positiv oder negativ ist, je nachdem die Atome sich anziehen oder abstoßen, lautet dann der Ausdruck (16) der Gesamtenergie:

$$E = \frac{m}{2}\Sigma_\tau\Sigma_\sigma(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)\cdot f\cdot\tau\cdot\sigma - \alpha\Sigma_\tau\frac{\tau}{v^2}. \qquad (24)$$

§ 4.

Thermodynamischer Gleichgewichtszustand. Kanonische Zustandsgleichung.

Unter allen Zuständen Z, welche das Gas annehmen kann, ist ein thermodynamischer Gleichgewichtszustand dadurch ausgezeichnet, daß er bei festgehaltenen Werten der Atomzahl N, des Volumens V und der Energie E dem Maximum der Entropie S entspricht. Mit Hilfe dieses Satzes kann also die Verteilungsfunktion f und somit auch die Entropie S für das thermodynamische Gleichgewicht als eindeutige Funktion von N, V und E ausgedrückt werden. Da in keiner der genannten Größen die Raumkoordinaten x, y, z der Atome explizite vorkommen, so läßt sich schon ohne besondere Rechnung erkennen, daß für den Gleichgewichtszustand die Funktion f und somit auch E und S von den Koordinaten nicht abhängen, oder daß die Raumverteilung der Atome eine gleichmäßige ist. Daher läßt sich in allen Gleichungen die Summation über die Raumgebiete τ direkt ausführen und ergibt aus (1), (2) und (10):

$$N = V\cdot\iiint_{-\infty}^{+\infty} f\cdot d\xi\cdot d\eta\cdot d\zeta. \qquad (25)$$

Ferner aus (21):

$$v = \frac{V}{N}, \qquad (26)$$

aus (23):

$$S = -kV\cdot\iiint_{-\infty}^{+\infty} f\cdot\log f\cdot d\xi\,d\eta\,d\zeta - \frac{kV}{\beta}\left(1-\frac{\beta}{v}\right)\log\left(1-\frac{\beta}{v}\right) + \text{const.} \qquad (27)$$

und aus (24):

$$E = \frac{m}{2}V\cdot\iiint_{-\infty}^{+\infty}(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)\cdot f\cdot d\xi\,d\eta\,d\zeta - \alpha\frac{N}{v}. \qquad (28)$$

Die Geschwindigkeitsverteilung im Gleichgewichtszustand folgt dann daraus, daß:

$$\delta S = 0 = \iiint d\xi\,d\eta\,d\zeta\,(\log f + 1)\cdot\delta f$$

für alle Variationen δf, welche der Bedingung genügen:

$$\delta N = 0 = \iiint d\xi\, d\eta\, d\zeta \cdot \delta f$$

und

$$\delta E = 0 = \iiint d\xi\, d\eta\, d\zeta\, (\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2)\, \delta f.$$

Daraus ergibt sich:

$$f = \lambda \cdot e^{-\mu(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}, \qquad (29)$$

wobei λ und μ positive Konstante, die aus den beiden Gleichungen (25) und (28) in folgender Weise bestimmt sind:

$$\lambda = \frac{N}{V} \cdot \left[\frac{3mN}{4\pi\left(E + \frac{aN}{v}\right)}\right]^{\frac{3}{2}}, \qquad \mu = \frac{3mN}{4\left(E + \frac{aN}{v}\right)}.$$

Endlich mit Benutzung dieser Werte die Entropie aus (27):

$$S = kN \log V + \frac{3}{2} kN \log \left(E + \frac{aN}{v}\right) - \frac{kV}{\beta}\left(1 - \frac{\beta}{v}\right) \log \left(1 - \frac{\beta}{v}\right) + \text{const.} \qquad (30)$$

wobei die Konstante weder von V noch von E abhängt. Dieser Ausdruck von S bildet die kanonische Zustandsgleichung des Gases.

Wir wollen hier noch, entsprechend dem mittleren Atomvolumen v in (26), die mittlere Atomenergie ε und die mittlere Atomentropie s einführen:

$$\varepsilon = \frac{E}{N} \quad \text{und} \quad s = \frac{S}{N}. \qquad (31)$$

Dann lautet die kanonische Zustandsgleichung:

$$s = k \log v + \frac{3}{2} k \log \left(\varepsilon + \frac{a}{v}\right) - \frac{kv}{\beta}\left(1 - \frac{\beta}{v}\right) \log \left(1 - \frac{\beta}{v}\right) + \text{const.} \qquad (32)$$

Bezieht man die Zustandsgrößen nicht auf das wirkliche Atom, sondern auf das *gr*-Atom, so tritt überall an Stelle der in (3) definierten Konstante k die Gaskonstante $R = 8.31 \cdot 10^7$.

§ 5.

Temperatur. Druck. Spezifische Wärme. Joule-Thomson-Effekt.

Aus der allgemeinen thermodynamischen Beziehung:

$$ds = \frac{d\varepsilon + p\,dv}{T}$$

ergibt sich durch Differentiation des Ausdrucks (32) nach ε:

$$\left(\frac{\partial s}{\partial \varepsilon}\right)_v = \frac{1}{T} = \frac{\frac{3}{2}k}{\varepsilon + \frac{a}{v}} \quad \text{oder:} \quad \varepsilon = \frac{3}{2}kT - \frac{a}{v}. \tag{33}$$

Ein Vergleich mit (28) zeigt, daß die Temperatur ein direktes Maß für die mittlere kinetische Energie eines Atoms darstellt, genau wie bei den idealen Gasen.

Ferner ergibt sich durch Differentiation von s nach v:

$$\left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_\varepsilon = \frac{p}{T} = -\frac{3a}{2v^2} \cdot \frac{k}{\varepsilon + \frac{a}{v}} - \frac{k}{\beta} \log\left(1 - \frac{\beta}{v}\right)$$

und mit Elimination von ε aus (33) die Beziehung zwischen Druck, Volumen und Temperatur:

$$p = -\frac{kT}{\beta} \log\left(1 - \frac{\beta}{v}\right) - \frac{a}{v^2}. \tag{34}$$

Diese Formel besitzt große Ähnlichkeit mit der bekannten Zustandsgleichung von van der Waals:

$$p = \frac{kT}{v-b} - \frac{a}{v^2}. \tag{35}$$

Der einzige Unterschied bezieht sich auf die Volumenfunktion in dem Glied mit kT. Entwickelt man den Faktor von kT nach Potenzen von β bzw. b, so ergibt sich für ihn aus (34):

$$-\frac{1}{\beta} \log\left(1 - \frac{\beta}{v}\right) = \frac{1}{v}\left(1 + \frac{1}{2}\frac{\beta}{v} + \frac{1}{3}\left(\frac{\beta}{v}\right)^2 + \cdots\right),$$

anderseits aus (35):

$$\frac{1}{v-b} = \frac{1}{v}\left(1 + \frac{b}{v} + \left(\frac{b}{v}\right)^2 + \cdots\right).$$

Für größere Werte von v werden beide Formeln übereinstimmend, wenn $b = \frac{\beta}{2}$, d. h. gleich der halben Deckungssphäre eines Atoms oder dem 4fachen Volum einer Atomkugel. Das ist aber genau die Bedeutung der Konstanten b in der Theorie von van der Waals. Diese Übereinstimmung erklärt sich natürlich leicht aus derjenigen der Voraussetzungen in den beiden verglichenen Theorien. Für kleinere v gehen die Formeln auseinander; doch lege ich der meinigen durchaus keine größere Bedeutung bei, weil sie, ganz abgesehen davon, daß

sie eine kompliziertere Form besitzt, eben auch nur unter der Voraussetzung abgeleitet ist, daß höhere Potenzen von $\frac{\beta}{v}$ vernachlässigt werden können (vgl. Gleichung (20) in § 3).

Für die spezifische Wärme bei konstantem Volumen haben wir aus (33):

$$\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T}\right)_v = c_v = \frac{3}{2} k ,$$

also konstant, wie bei idealen Gasen.

Der Joule-Thomson-Effekt wird einfach geliefert durch die Beziehung:

$$\varepsilon + pv = \text{const.} ,$$

in welcher man ε nach (33) durch T ausdrücken kann.

Die übrigen Zustandsgrößen, wie die spezifische Wärme bei konstantem Druck, die freie Energie, die Eigenschaften des kritischen Zustandes, ergeben sich dann unmittelbar aus den bekannten thermodynamischen Relationen.

Die Bedeutung der Erschliessung des alten Orients für die geschichtliche Methode und für die Anfänge der menschlichen Geschichte überhaupt.

Von Eduard Meyer.

(Vorgetragen am 4. Juni 1908 [s. oben S. 593].)

I.

Ganz allgemein gilt es als ein charakteristischer und fundamentaler Unterschied der naturwissenschaftlichen und der historischen Forschungsmethode, dass jene ihre Ergebnisse ununterbrochen am Experiment controliren und dadurch als unumstösslich sicher erweisen könne, diese dagegen nicht. Dieser Unterschied ist auch thatsächlich vorhanden; nur durch ihn ist es möglich, dass auf historischem Gebiet immer von Neuem die wunderlichsten Behauptungen aufgestellt werden und Berücksichtigung finden können, auch wenn sie allen durch wissenschaftliche Forschung gewonnenen Ergebnissen in's Gesicht schlagen — denn hier, wird behauptet, gebe es eben keine über das einem Jeden gleichmässig zugängliche Material hinausgehenden Lehrsätze und Methoden und keinerlei festbegründetes Wissen, das als gegebene Thatsache anerkannt werden müsse, sondern es gelte lediglich der gesunde Menschenverstand, der dem berufsmässigen Gelehrten durch seine Arbeitsmethode eher getrübt als geschärft worden sei. In der That lassen sich derartige Behauptungen und die durch sie gestützten umstürzenden Geschichtsconstructionen, mit denen wir jahraus, jahrein überschwemmt werden, nicht in der Weise schlicht und mühelos erledigen wie etwa die gleichartigen Behauptungen auf mathematischem, physikalischem, chemischem Gebiet, die einem anerkannten mathematischen Lehrsatz oder einem einwandfreien physikalischen oder chemischen Experiment widersprechen; und so ist die Ansicht ganz allgemein verbreitet, dass die geschichtliche Wissenschaft im Grunde auf einem schwankenden Fundament ruhe und dass der Anspruch der Forscher, eine von einem geistreichen Dilettanten aufgestellte Ansicht als wissenschaftlich unmöglich ohne weiteres abzulehnen, eine durchaus unberechtigte Anmaassung enthalte.

In Wirklichkeit indessen ist die Kluft nicht so gross, wie sie scheint. Ich will nicht dabei verweilen, dass das Experiment doch nur einem Theil der Naturwissenschaften eine feste Grundlage giebt. Sobald zu den allgemeinen Eigenschaften der Naturerscheinungen die individuelle, durch einen bestimmten Raum und eine bestimmte Zeit gegebene Einzelgestaltung als ein wesentliches Moment hinzutritt, reicht das Experiment nicht mehr aus, sondern der historische Befund des Einzelfalls wird wesentlich; und damit treten die Zufälligkeiten in Wirksamkeit, welche alle historische Überlieferung beherrschen. Das gilt schon von den Beobachtungen, denen die Astronomie ihr Material verdankt, und ebenso von den sogenannten beschreibenden Naturwissenschaften; in noch viel höherem Grade aber von denjenigen Wissenschaften, welche die Erforschung der Entwickelung der Natur in früheren Zeiträumen zur Aufgabe haben, der Paläontologie, Geologie und den verwandten Gebieten. Hier tritt, ganz wie in der historischen Forschung, das Element der Zeit dominirend hervor; es gilt die Zustände einer vergangenen Zeit aus den von ihnen hinterlassenen Spuren zu erkennen und in ihrer Einzelgestaltung und ihrer Nachwirkung auf die Gegenwart zu reconstruiren; und damit tritt an Stelle des Experiments die Entdeckung und richtige Deutung der Fundthatsachen und die Bestätigung der zu ihrer Erklärung aufgestellten Hypothesen durch geschärfte Untersuchung des schon vorliegenden Materials und vor allem durch neue Funde, sei es, dass sie wissenschaftlich, methodisch gesucht werden, sei es, dass der Zufall sie bringt.

Genau ebenso liegt es auf dem Gebiet der menschlichen Geschichte. Nur wird hier das Forschungsobject noch unendlich mannigfaltiger und complicirter, weil hier die Individualität des Einzelwesens eine ganz andere Bedeutung gewinnt. Je mehr die Cultur und das geistige Leben sich steigert, desto mannigfacher wird die individuelle Sondergestaltung, desto zahlreicher und complicirter daher auch die Factoren, mit denen die Forschung zu rechnen hat. Hier ist ein Erschöpfen des Gegenstandes niemals erreichbar, mag das Quellenmaterial noch so reichhaltig fliessen; und ebenso ist eine Erfassung der Individualität und daher auch der Willensmotive, aus denen die Thatsachen des historischen Materials erwachsen sind, immer nur der Intuition, der nachschaffenden Phantasie möglich, und darum nie streng wissenschaftlich erweisbar. Eben darauf beruht es, dass alle Reconstruction der Vergangenheit doch immer nur Stückwerk ist, mag das Material überreich oder äußerst dürftig sein. Eine erschöpfende Festlegung des historischen Einzelvorgangs in seiner ganzen unendlichen Mannigfaltigkeit ist durch Überlieferung und Documente niemals möglich, auch ganz abgesehen von der subjectiven Beimischung, die diese nothwendig

enthalten; und daher kann unsere Erkenntniss des historischen Einzelvorgangs mit diesem niemals völlig zusammen fallen, sondern auch im günstigsten Falle sich ihm nur etwa so annähern, wie die Asymptoten an die Hyperbel.

Dieser Thatsache, dieser unübersteigbaren Schranken unserer Erkenntniss sind wir uns denn auch voll bewusst; wir wissen, und in der Einzelforschung wird das auf Schritt und Tritt ausgesprochen, dass jede Vermehrung des Materials das Ergebniss modificiren und zeigen wird, dass der Hergang im Einzelnen doch noch anders — und zwar in der Regel noch complicirter, als man annahm — gewesen ist. Jede historische Reconstruction muss gerade Linien ziehen, obwohl sie weiss, dass der wirkliche Hergang immer in Curven verläuft und jedes Stück dieser Curven sich wieder aus kleineren Curven zusammensetzt. Es wird ihr sehr willkommen sein, wenn es ihr ermöglicht wird, einmal ein Stück dieser kleineren und kleinsten Curven genauer kennen zu lernen; aber es ist kein Vorwurf gegen ihre Methode und berechtigt auch nicht zu einem Angriff auf ihren wissenschaftlichen Werth, wenn sie in unzähligen anderen Fällen diese Curven nicht zu erkennen vermag, und auch nicht, wenn sie einmal versucht hat, einzelne dieser Curven zu reconstruiren, und neu erschlossenes Material zeigt, dass sie dabei in die Irre gegangen ist. Die fundamentale Frage ist vielmehr, ob es ihr gelungen ist, die Richtungslinie richtig zu zeichnen, um die sich die Curve dreht und mit der diese auch da, wo wir sie genauer kennen, für unser Auge immer mehr zusammenfällt, je weiter wir den Abstand nehmen. Und hier ist eine entscheidende Antwort möglich, die der Bestätigung durch das Experiment vergleichbar ist: sie wird durch neue geschichtliche Funde gegeben, welche uns über eine vorher nur unvollkommen bekannte Geschichtsepoche authentische Aufschlüsse geben und so über die bisherigen Ergebnisse der Forschung und damit zugleich über die historische Methode ein durch unanfechtbare Thatsachen begründetes und daher unumstössliches Verdict abgeben.

Aus den bisherigen Darlegungen ergibt sich zugleich, dass für diese Fragen den Ergebnissen der Detailforschung eine entscheidende Bedeutung noch nicht zukommen kann. So überraschend hier häufig die vom Forscher gewonnenen Ergebnisse, ja nicht selten zunächst sehr kühn erscheinende Hypothesen und Intuitionen eine urkundliche Bestätigung gefunden haben, so stehen dem doch immer andere Fälle gegenüber, wo sich zeigt, dass wir in die Irre gegangen sind oder dass vielleicht das bisher vorliegende Material zur Erkenntniss des Einzelvorgangs überhaupt nicht ausreichte. Aus diesen Gebieten entnommene Beispiele werden den Skeptiker nicht entwaffnen; hier spielen

eben immer die aus der unendlichen Complicirtheit des Einzelvorgangs erwachsenden Bedingungen, die wir vorhin zu erfassen versuchten, eine entscheidende Rolle.

Anders liegt es dagegen, wo es sich um die grossen Richtlinien handelt, um die Frage, ob eine ganze Epoche in ihrer Eigenart, ihrer Cultur und Entwickelung in den entscheidenden Momenten von der wissenschaftlichen Forschung aus dem bisherigen Material richtig erkannt ist; und am bedeutsamsten werden die Fälle sein, wo über eine solche Epoche ein im engeren Sinne geschichtliches Material, d. h. gleichzeitige Documente und zuverlässige Überlieferung, überhaupt nicht vorlag, sondern die ganze Epoche und ihre Entwickelung lediglich durch historische Rückschlüsse aus späteren Zuständen erschlossen und reconstruirt ist. Werden in solchen Fällen diese von der Forschung gewonnenen Ergebnisse durch neue Funde als richtig erwiesen, so ist damit zugleich die Zuverlässigkeit der historischen Methode erwiesen und die Berechtigung des Anspruchs des historischen Forschers, Behauptungen, welche diese Methode ignoriren oder principiell negiren, einfach abzulehnen und für wissenschaftlich werthlos zu erklären.

Es giebt kein Gebiet der Geschichte, auf dem diese Bestätigung durch das Experiment in solchem Umfange vorliegt, wie auf dem des alten Orients, dank der Jahr für Jahr erweiterten Erschliessung immer neuer Gebiete durch systematische Ausgrabungen und auch durch überraschende Funde, welche der Zufall gebracht hat. Wo ich gegenwärtig damit beschäftigt bin, nach 25 Jahren dieses Gebiet zum zweiten Mal in seinem ganzen Umfang systematisch durchzuarbeiten und darzustellen, haben sich mir die Betrachtungen, die ich hier dargelegt habe, immer von neuem aufgedrängt. Ich möchte sie daher in Kürze an einigen besonders augenfälligen Beispielen noch weiter erläutern — und bitte es zugleich durch diesen äusseren Anlass zu entschuldigen, dass ich hier mehrfach von meinen eigenen früheren Arbeiten und ihrem Verhältniss zu dem gegenwärtigen Stand der Forschung reden muss.

Bis zum Jahre 1895 begann unsere Kenntniss der ägyptischen Geschichte mit König Snofru und dem Anfang der vierten Dynastie; ältere Denkmäler wollten sich trotz allen Suchens nirgends zeigen, und es schien, als seien die Vorstufen der hohen Cultur des Alten Reiches hoffnungslos verloren. Trotzdem haben wie andere Forscher so vor 20 Jahren sowohl A. Erman wie ich den Versuch gemacht, die Vorzeit Aegyptens zu reconstruiren. In den letzten 14 Jahren ist uns nun eine Fülle authentischer Denkmäler aus dieser Zeit, nicht nur bis zu Menes hinauf, sondern weit über ihn hinaus, erschlossen

worden und gewährt uns einen lebendigen Einblick in diese Epochen. Im Einzelnen ist hier natürlich alles belebter und mannigfaltiger geworden, als es die Reconstruction je hätte gewinnen können: an Stelle der geraden Linien sind die Curven getreten. Auch hat sich gezeigt, dass wir gar manche Missgriffe begangen haben, nicht selten aus übertriebenem Skepticismus, indem wir für jung hielten, was sich jetzt als bereits uralt erweist. Aber in den Grundzügen hat sich die alte Reconstruction durchaus bestätigt, in der Gestaltung der Entwickelung des Staats, der Religion, der materiellen Cultur, der Kunst, der Schrift. Das giebt das Zutrauen, dass auch da, wo eine Bestätigung bisher nicht gewonnen oder nach Lage der Dinge überhaupt nicht zu erwarten ist, die früher gewonnenen und die nach der gleichen Methode jetzt aus dem erweiterten Material abgeleiteten Ergebnisse als wissenschaftlich begründet gelten können, so Vieles sich durch den Fortgang der Forschung auch immer von Neuem umgestalten und genauer ins Einzelne verfolgen lassen wird.

Ich will nicht dabei verweilen, wie auch sonst in Aegypten sich in diesen 25 Jahren das früher gewonnene Bild überall mit einem ganz anderen Leben erfüllt hat, aber in den Grundzügen doch dasselbe geblieben ist. Ich wende mich vielmehr nach Babylonien und Assyrien. Hier liegen die Dinge wesentlich anders. Für das alte Babylonien war unser Material von einem Vierteljahrhundert noch so dürftig, dass von einer Geschichte des Landes eigentlich noch nicht die Rede sein und höchstens die ersten dürftigen Umrisse seiner äusseren Schicksale gezogen werden konnten. Auch gegenwärtig sind, so sehr sich das Material gemehrt hat, noch immer gewaltige Lücken vorhanden; doch ist es jetzt möglich geworden, den Versuch einer wirklichen Geschichte zu wagen. Von Bestätigungen früherer Annahmen will ich nur erwähnen, dass die vielumstrittene Hypothese einer sumerischen Epoche des Landes, die sich in den Monumenten so lange nicht finden wollte, gegenwärtig völlig erwiesen ist und die alten Sumerer in ihrer äusseren Gestalt wie in ihrer Sprache und Cultur jetzt völlig lebendig vor uns stehen. Dagegen zeigt sich, dass wir in anderer Richtung einen schweren Irrthum begangen hatten, indem wir die gesammte spätere Cultur Babyloniens und Assyriens in diese älteste Zeit zurückdatirten. Es beruhte das vor Allem auf einer Unterschätzung der historischen Bedeutung und Selbständigkeit des Assyrerreichs und ebenso des Chaldäerreichs. Allerdings wurzelt ihre Cultur im alten und ältesten Babylonien, ebenso wie etwa die der 26. Dynastie Aegyptens in der Cultur des Alten Reichs der 4. und 5. Dynastie wurzelt. Aber darum liegt zwischen beiden Epochen doch eine lange historische Entwicklung, die ihre Spuren überall hinterlassen hat. Es geht nicht an, alles Assyrische einfach

für Altbabylonisch zu erklären; vielmehr zeigen die Assyrer auf allen Gebieten, in der Gestaltung des Staats, in der Kunst, in der religiösen und wissenschaftlichen Entwicklung, eine sehr ausgeprägte selbständige Eigenart: eine Schöpfung wie die grosse Bibliothek Assurbanipals ist rein assyrisch, nicht babylonisch. Von Assyrien geht eine sehr bedeutsame neue Einwirkung auf den Westen Asiens und die griechische Welt aus, die von der älteren babylonischen durchaus zu scheiden ist. Die gewaltigste Steigerung hat die völlig unhistorische Auffassung in den Phantastereien der »Astralmythologie« und der »babylonischen« oder »orientalischen Weltanschauung« erfahren, die gegenwärtig in zahllosen populären Schriften als gesicherte wissenschaftliche Erkenntniss und Grundlage alles Verständnisses der Geschichtsentwicklung verkündet wird. Sie versetzt in die Urzeit des vierten und womöglich des fünften und sechsten Jahrtausends, was in Wirklichkeit das Endergebniss eines langen Entwicklungsprocesses gewesen ist und sich nicht früher als im Verlauf des ersten Jahrtausends v. Chr. schrittweise zu einem theologisch-wissenschaftlichen System ausgebildet hat. Damit wird alle geschichtliche Entwicklung absolut negirt. Aber auch wir anderen, die wir diese Irrgänge abgelehnt haben, sind doch gerade als Historiker von Vorwurf nicht frei. Indem wir das Ninive Sargons und Assurbanipals ohne Weiteres mit der anderthalb Jahrtausende älteren babylonischen Cultur identificirten und für eine sklavische Copie derselben erklärten, haben wir die Grundbedingungen geschichtlicher Entwicklung ausser Acht gelassen und, von den antipathischen Seiten des Assyrerreichs abgestossen, geglaubt, ein gewaltiges Reich, das mehr als zwei Jahrhunderte lang neben aller Vernichtung, die es gebracht hat, doch grosse Culturschöpfungen aufzuweisen hat, einfach als culturgeschichtlich nicht existirend behandeln zu dürfen. Erst jetzt beginnen allmählich demgegenüber die geschichtlichen Thatsachen in ihrer Bedeutung erkannt zu werden und zu ihrem Rechte zu gelangen.

Um so bedeutsamer sind die Bestätigungen, welche die Ergebnisse der geschichtlichen Forschung auf dem Gebiete der israelitischen und der jüdischen Geschichte gefunden haben. Auch hier fehlte es vor 25 Jahren noch an jedem geschichtlichen Document, welches in die Anfänge der israelitischen Geschichte hinaufführte und für die in weitem Umfange durchgeführte Analyse der alttestamentlichen Überlieferung eine Controle ermöglichte. Zum ersten Male fiel ein Licht auf dieselbe, als ich im Jahre 1886 in der Liste der von Thutmosis III. besuchten Orte Palästinas den Namen Ja'qob-el entdeckte, der mit dem des israelitischen Heros Jakob irgendwie in Verbindung stehen musste; damit war jenseits der Entstehung der alttestamentlichen Sagen wenig-

stens an einem Punkte fester Boden gewonnen. Dann kamen die Thontafeln von Tell el Amarna; und hier trat uns nicht nur eine Invasion semitischer Nomadenstämme in Syrien und Palästina entgegen, ganz in derselben Art, wie B. Stade und ich die Invasion der Israeliten in Palästina reconstruirt hatten, sondern unter diesen Stämmen erschien auch der Name der Chabiri, d. i. der Hebräer. Die urkundliche Bestätigung, dass damals, zu Anfang des 14. Jahrhunderts, die Israeliten wirklich, noch als ein Stamm von ganz beschränktem Umfang, in Palästina eingedrungen sind, brachte dann 1896 eine ägyptische Inschrift, die uns den Stamm Israel — dessen Name hier zum ersten und bisher einzigen Male auftauchte — unter Merneptah in Palästina ansässig zeigte. Zugleich zeigten sich auch hier die Grenzen der Möglichkeit einer Geschichtsreconstruction, die Modificationen des Details, welche jeder neue Fund bringt: wir hatten die Invasion der Israeliten in's zwölfte Jahrhundert, nach dem Ende der ägyptischen Herrschaft, angesetzt, jetzt ergiebt sich, dass sie in Wirklichkeit zwei Jahrhunderte früher erfolgt ist und die Israeliten während dieser beiden Jahrhunderte in Palästina Unterthanen der Aegypter gewesen sind.

Womöglich noch bedeutsamer sind die Ergebnisse des Papyrusfundes von Elephantine, aus dem Hr. Sachau im letzten Herbst zunächst einige der allerwichtigsten Documente vorgelegt hat. Vor zwölf Jahren habe ich die Geschichte der Entstehung des Judenthums in der Perserzeit und dabei speciell die officiellen Documente des Perserreichs behandelt, welche uns im Buch Ezra überliefert sind; im Gegensatz zu der bei der kritischen Schule herrschenden Ansicht suchte ich nachzuweisen, dass diese Documente völlig authentisch seien und die Urkunden des Achämenidenreichs so ausgesehen hätten, wie die hier überlieferten, und weiter, dass die Überlieferung in den Büchern Ezra und Nehemia trotz aller Trübung und Überarbeitung im Einzelnen in ihrem wesentlichen Inhalt durchaus zuverlässig und vom höchsten geschichtlichen Werthe sei. Ich hatte diesen Untersuchungen eine methodische Erörterung vorausgeschickt, um darzulegen, dass es unzulässig sei, die für die sagenhafte Überlieferung ausgebildete kritische Behandlung auf die Beurtheilung gleichzeitiger historischer Überlieferung und Documente zu übertragen, sondern hier gerade das umgekehrte Verfahren angewendet werden müsse, wie dort — ein Grundsatz, der nur zu oft verkannt worden ist. Meine Untersuchungen haben vielfache Zustimmung, daneben aber von Seiten mancher Anhänger gerade derjenigen Richtung, die sich principiell als die kritische bezeichnet, erbitterten Widerspruch gefunden. Gegenwärtig, wo die Papyri von Elephantine vorliegen, wird kein Mensch mehr an der Authenticität der im Buch Ezra enthaltenen Urkunden zwei-

feln; und zugleich haben sich die aus der Überlieferung gewonnenen Daten für die Geschichte der Entstehung des Judenthums durch diese Urkunden durchweg als vollständig richtig bestätigt. Damit ist zugleich der kritische Grundsatz, nach dem hier verfahren wurde, als der allein berechtigte erwiesen worden. Vor diesen unanfechtbaren Urkunden sind die Ergebnisse, zu denen die sogenannte kritische Schule gelangt war, zusammengebrochen; und wenn vollends ein wilder Dilettantismus glaubte, die Überlieferung durch freie Schöpfungen der eigenen Phantasie ersetzen zu dürfen, weil die gesammte Überlieferung und die in ihr vorkommenden Persönlichkeiten durchweg von mythischen Elementen und tendenziösen Verzerrungen durchsetzt und daher geschichtlich so gut wie werthlos seien, so ist diese Behauptung jetzt durch den Augenschein endgültig widerlegt[1].

Aber die Tragweite der neuen Documente reicht noch viel weiter. Mit vollem Recht hat Nöldeke, der bisher an dem vorexilischen Ursprung des Priestercodex festhielt, ausgesprochen, dass jetzt »jede Möglichkeit gefallen ist, den Abschluss des Pentateuchs in eine ältere Zeit zu legen als die Ezra's«. »Ich möchte glauben,« fährt er fort, »dass dies das allerwichtigste Ergebniss der Sachau'schen Papyri ist«. In

[1] Ich benutze diesen Anlass, um an einem Beispiel zu zeigen, wie zugleich durch die neue Überlieferung auf Angaben, die bisher völlig dunkel waren und aus dem uns zur Verfügung stehenden Material nicht erklärt werden konnten, ein helles Licht fällt. Dass zur Zeit der 26. Dynastie zahlreiche Juden auf eigene Hand nach Aegypten ausgewandert sind und sich in den Städten des Delta und des Nilthals als Händler und Gewerbtreibende niedergelassen haben, ist sehr wohl denkbar. Aber unmöglich können auf diesem Wege die grossen jüdischen Colonien in Elephantine und Syene entstanden sein, den Grenzfestungen Aegyptens, mit einem grossen Jahwetempel auf der Insel, dessen Erbauung nur möglich war, wenn die Könige die Erlaubniss dazu gegeben hatten. Hier kann es sich vielmehr nur um vom Staat angesiedelte Militärcolonien handeln (ganz gleichgültig, ob man Smend's Deutung von דגל Z. Assyr. XX 150 für richtig hält oder nicht). Die Juden bildeten offenbar einen Hauptbestandtheil der Garnison von Elephantine, die ja, wie wir auch aus der Inschrift des Neshôr, Zl. 6, wissen, (H. Schäfer, Klio IV, 157), ganz wesentlich aus Asiaten (und Griechen) bestand. Die jüdischen Könige haben also den Pharaonen entweder Werbungen gestattet oder wahrscheinlicher ihnen direct Truppen geliefert. Das wirft Licht und erhält zugleich Bestätigung durch eine bisher ganz dunkle Stelle des Deuteronomiums. Hier wird im Königsgesetz (17, 15 ff.) begreiflicher Weise verlangt, dass der König kein Ausländer sein, dass er nicht viele Frauen haben, keine Schätze anhäufen, das Gesetzbuch genau befolgen soll. Dazwischen steht aber v. 16 die seltsame Angabe, »nur soll er nicht viele Rosse halten und das Volk nicht nach Aegypten zurückführen, um die Zahl seiner Rosse zu mehren, wo doch Jahwe euch gesagt hat: ihr sollt diesen Weg niemals wieder zurückgehen«. Wie kommt diese ganz detaillirte Vorschrift in diesen Zusammenhang? Offenbar muss ihr eine ganz bestimmte Thatsache, ein vom Volk schwer empfundener Übelstand zu Grunde liegen; und so hat Steuernagel mit Recht vermuthet, dass Juden als Sklaven gegen Rosse nach Aegypten verhandelt wurden. Jetzt ist die Sache völlig klar: die jüdischen Könige haben einen Soldatenhandel nach Aegypten betrieben und als Aequivalent vom Pharao Rosse bezogen (vgl. Reg. I 10, 28 ff.). Auf diese Weise ist die jüdische Colonie in Elephantine entstanden.

diesem Falle war, anders als bei den Documenten des Ezrabuchs, die von der kritischen Schule angewandte Methode durchaus berechtigt. Denn hier handelte es sich nicht um eine authentische, zeitgenössische Überlieferung, sondern um ein Buch, das unter dem Namen der Sagengestalt des Mose auftrat, thatsächlich also völlig zeitlos überliefert war[1]. Die Aufgabe war, dies Buch nach inneren Indicien historisch zu begreifen, Zeit, Art und Tendenz seiner Entstehung zu ermitteln: und diese Aufgabe hat die Kritik völlig richtig gelöst.

Als ein weiteres Beispiel nenne ich das Auftreten der Arier in Mesopotamien und Syrien im 15. und 14. Jahrhundert, von dessen urkundlichem Erweis ich der Akademie vor Kurzem Mittheilung machen konnte[2]; damit ist zugleich zum ersten Mal ein documentarischer Beleg gewonnen für die von der Wissenschaft reconstruirte arische Periode der Vorzeit der Inder und Iranier.

Es läge nahe, hier noch weitere Beispiele aus der griechischen Geschichte anzufügen. Besonders würde sich die im Jahre 1891 aufgefundene Schrift des Aristoteles über den Staat der Athener sehr gut zu einer derartigen methodischen Untersuchung geeignet haben. Das ist damals versäumt worden, und jetzt ist es dazu zu spät. Doch darf wohl ausgesprochen werden, dass dieser Fund, so viel Neues und Überraschendes er im Einzelnen gebracht hat — so hätte z. B. auf Grund der bis dahin vorliegenden Nachrichten Niemand auf die Vermuthung kommen können, dass der erste Ostrakismos in Athen erst im dritten Jahre nach der Schlacht bei Marathon stattgefunden hat —, dennoch die von einer besonnenen Forschung gewonnenen Ergebnisse durchweg bestätigt und die von ihr angewandte Methode als zum Ziel führend erwiesen hat.

II.

Ehe die Denkmäler der ersten Dynastie und der sogenannten prähistorischen Zeit gefunden waren, trat uns die Cultur Aegyptens in den ältesten bekannten Monumenten voll ausgebildet, ja auf einem Höhepunkt entgegen. Die Vorstufen vermochten wir, wie schon erwähnt, wohl zu reconstruiren, aber wir konnten sie nicht greifen, nicht in ihrer specifischen Eigenart erkennen, und noch weniger war es möglich, eine auch nur annähernde Schätzung des Zeitraums zu wagen, der für die Culturentwickelung im Nilthal von ihren ersten

---

[1] Abgesehen von der völlig authentischen Angabe im Buch Ezra, dass es eben von Ezra selbst geschrieben sei.

[2] Sitzungsber. 1908, 14 ff.; vergl. jetzt meinen Aufsatz: Die ältesten datirten Zeugnisse der iranischen Sprache und der zoroastrischen Religion. Zeitschr. f. vergl. Sprachw. 42, 1908, 1 ff.

Anfängen bis zur Höhe des Alten Reichs anzusetzen sei. Das ist jetzt anders geworden. Nicht nur liegt diese ganze Entwickelungsreihe in zahlreichen gleichzeitigen Denkmälern — für die ältere Zeit wenigstens in Gräbern mit ihren Beigaben, aber auch in mancherlei sonstigen Überresten der Ansiedelungen — anschaulich vor uns, sondern wir vermögen auch zu erkennen, dass sie zu Ende des fünften Jahrtausends bereits zu einer grösseren Höhe fortschreitet und dass der ägyptische Kalender schon im Jahre 4241 in einem Reich, dessen Mittelpunkt das Gebiet von Memphis und Heliopolis bildete, eingeführt worden ist. Mit den ältesten bekannten Grabfunden und ihrem Inventar von gebrannten und angeschwelten Thongefässen und Werkzeugen aus Holz, Stein und Knochen, neben denen sehr früh schon Gold und vereinzelt Kupfer auftaucht, werden wir in runder Schätzung, so gross auch im Einzelnen noch immer der Spielraum bleibt, weit ins fünfte Jahrtausend hinein und vielleicht bis etwa an das Jahr 5000 v. Chr. herankommen.

In Babylonien reicht unsere Kunde bis jetzt noch nicht so weit hinauf. Die ältesten erhaltenen Monumente, aus der Zeit etwa um 2900—2800 v. Chr., gehören einer Epoche an, wo die Schrift in den Grundzügen bereits ausgebildet war und auch eine, wenn auch noch äusserst unbeholfene Kunst in Reliefs und Sculpturen aus Stein sich zu entwickeln beginnt, wo auch das Kupfer bereits bekannt ist. Natürlich liegt dem eine ältere, jedenfalls weit ins vierte Jahrtausend reichende Entwickelung voran, in die uns neue Funde vielleicht noch einmal einen Einblick gewähren werden.

Noch jünger ist meines Wissens der Anfang historischer Kunde in China; doch steht auch sie zeitlich hinter der babylonischen nicht wesentlich zurück.

Indessen unsere Kunde beschränkt sich keineswegs auf diese drei Völker, die Schöpfer der ersten grossen Culturen der Menschheit; sondern neben ihnen tauchen auch die anderen Völker der Alten Welt überall aus dem Dunkel hervor, theils durch Nachrichten, die wir diesen Culturvölkern verdanken, theils durch eigene Denkmäler, die sie hinterlassen haben. So lernen wir die Semiten Syriens und Palästinas durch ägyptische Denkmäler seit den Zeiten der ersten Dynastie kennen, etwa von 3200 an, und können sie von da ab weiter verfolgen. Wir sehen, dass sie schon in dieser Zeit in ihrer körperlichen Erscheinung, Tracht und Bewaffnung den späteren Semiten gleichen; ja, wenn wir unser Augenmerk zum Vergleich auf die Anfänge menschlicher Cultur überhaupt richten, werden wir sagen müssen, dass der Unterschied zwischen dem Semiten der Zeit des Menes und dem heutigen Beduinen im Grunde nicht allzu gross ist, trotz aller Cultureinflüsse, die auf den letzteren eingewirkt haben. Das gleiche gilt z. B. von den Negerstämmen Nubiens.

Die ersten Ansätze zu einer höheren sesshaften Cultur in Syrien, die ältesten bis jetzt aufgedeckten Überreste menschlicher Ansiedlungen, Wohnungen und Festungsmauern auf dem Urboden in Megiddo, Gazer u. a. entstammen dem dritten Jahrtausend und haben sich dann unter starker Einwirkung sowohl Aegyptens wie Babyloniens weiter entwickelt. Höher hinauf kommen wir in Troja. Denn wenn die mykenische Stadt der sechsten Schicht Schliemanns der Zeit um 1500 und später angehört, werden wir die Anlage der etwa 6 m tiefer liegenden »zweiten« Stadt, die bekanntlich recht langen Bestand gehabt hat, mit Dörpfeld rund ein Jahrtausend früher, vielleicht aber noch etwas höher, ansetzen dürfen[1]; und wieder 6 m tiefer liegt der Urboden mit den ältesten Ansiedlungen, deren Anfänge mithin über 3000 v. Chr. hinaufragen werden. Etwa in dieselbe Zeit, in das Ende des vierten Jahrtausends, mögen die ältesten Funde von Cypern hinaufragen[2], vor Allem aber die Anfänge der grossen, mehr als 6 m umfassenden »neolithischen« Schicht von Knossos, deren Thonscherben mehrfach Berührungen mit den Gefässen der »prähistorischen« Zeit Aegyptens zeigen, also jedenfalls weit ins vierte Jahrtausend hineinreichen, während die folgenden Schichten, in denen das Metall aufzutauchen beginnt (Early Minoan I—III bei Evans), im wesentlichen dem Alten Reich gleichzeitig sind[3] und die Datirung der dann folgenden Kamaräscultur (Middle Minoan II) durch Funde aus der zwölften Dynastie (2000—1800) völlig gesichert ist.

Zu diesen Daten stimmen bekanntlich die Zeitbestimmungen, welche die Forschung für die prähistorischen Funde in Europa gewonnen hat. Die älteren neolithischen Schichten, das Auftauchen des geschliffenen Steinbeils und der ersten Hausthiere werden etwa in's vierte Jahrtausend gehören, die Muschelhaufen u. A., die schon den Hund als Genossen des Menschen und neben Stein und Knochen einfache Thon-

---

[1] Der Annahme, daß die »Zweite Stadt« in die Zeit von etwa 2600—2000 gehört, entspricht ebensowohl die entwickelte Bronzetechnik, wie das bekannte ihr angehörige Bleiidol der uralten Göttin des Geschlechtslebens, das auf babylonische Vorbilder zurückgeht und von hier wohl unter Sargon von Akkad (um 2500) nach Cypern gekommen ist; von hier wird der Typus dann in einem vereinzelten Exemplar nach Troja gelangt sein.

[2] Von den Chetitern und ihrer Cultur rede ich hier absichtlich nicht, da wir hier gerade gegenwärtig noch weitere Aufschlüsse abwarten müssen. Überdies ist sicher einmal, dass die Cultur, die uns in Boghazkiöi entgegentritt, erst dem zweiten Jahrtausend angehört, und zweitens, dass diese Cultur und ebenso die chetitische Schrift neben einheimischen, spontan entwickelten Elementen zweifellos auch starke fremde Einwirkungen, namentlich von Aegypten aus, erfahren hat.

[3] Dass die Zuweisung der ägyptischen Gefässe aus hartem Stein, die der Thinitenzeit (3200—2800) angehören, zu Early Minoan I keineswegs so gesichert ist, wie Evans annimmt, sondern sie jünger sein können, hat Burrows, The discoveries in Crete, 2. Aufl., p. 44f., ausgeführt.

gefässe kennen, mögen vielleicht noch höher hinauffragen; aber über das 5. Jahrtausend werden wir auch hier keinesfalls hinaufgeführt[1].

Auf das gleiche Ergebniss führt endlich eine Erwägung der Daten, die wir für die Urgeschichte der Indogermanen besitzen. So problematisch hier noch immer so vieles bleibt, so ist es doch vollkommen sicher, dass die Indogermanen in der ersten Hälfte des 2. Jahrtausends v. Chr. in die Geschichte einzutreten beginnen. Ihre Einwanderung in Griechenland müssen wir jedenfalls beträchtlich vor 1500 ansetzen; zu Anfang des 12. Jahrhunderts kommen sie nach Kleinasien. Arische Elemente treffen wir im 15. Jahrhundert in Mesopotamien und Syrien, und wahrscheinlich sind sie schon ein paar Jahrhunderte früher nach Westiran gekommen; das bestätigt, worauf ebenso die Entwicklung der Inder hinführt, dass die arische Periode spätestens etwa um 2000 v. Chr. begonnen hat. Zwischen dieser und der Zeit, da die Indogermanen ein einheitliches, wenn auch in mehrere Stämme zerfallendes Volk waren, liegen nach den sprachlichen Indicien wahrscheinlich ein paar Jahrhunderte, aber schwerlich mehr; über rund 2500 wird man den Abschluss der von der Sprachwissenschaft reconstruirten indogermanischen Urzeit nicht hinaufrücken können. Wir kommen also in dieselbe Zeit, in der sich die Cultur in Troja, auf den Inseln des Aegäischen Meeres, auf Kreta zu immer selbständigerer Eigenart zu entwickeln beginnt, und in der ebenso bei den Semiten in Palästina die Ansätze zu einer höheren Entwicklung einsetzen[2]. Um diese Zeit besassen also auch die Indogermanen eine eigenartige Cultur, ein selbständiges religiöses Leben und vor Allem eine Sprache, welche an innerer Durchbildung und Vielgestaltigkeit alle andere menschliche Rede übertrifft. Die Ausbildung dieser Cultur hat jedenfalls eine lange Zeit erfordert; so wenig wir irgend welche Mittel zu einer genaueren Abschätzung besitzen, so zweifellos ist es doch, dass diese indogermanische Urzeit und die Ausbildung der Sprache und Cultur viele Jahrhunderte in Anspruch genommen hat. Auch hier kommen wir also mit den Anfängen, mit der Entstehung eines eigenartigen, individuell von allen anderen geschiedenen Volksthums zum mindesten weit in's vierte Jahrtausend hinauf.

In ihrer Gesammtheit zeigen die hier zusammengestellten Thatsachen, dass bei denjenigen Völkern und Gebieten der Alten Welt, die überhaupt zu einer höheren Cultur fortgeschritten sind, diese Entwickelung etwa im fünften Jahrtausend v. Chr., also vor 6—7000

---

[1] Ein selbständiges, auf eigener Arbeit beruhendes Urtheil besitze ich auf diesem Gebiet nicht; aber die jetzt recipirte Chronologie scheint durchaus wohl begründet.

[2] Ebenso wohl bei den Amoritern; auch die Gründung des semitischen Reichs von Akkad in Babylonien fällt in dieselbe Zeit.

Jahren, begonnen hat. Sie zeigt sich äusserlich darin, dass diese Völker Spuren ihres Daseins hinterlassen haben, die sich bis auf unsere Zeit erhalten haben, und zugleich innerlich darin, dass sie ein geistiges Leben entwickeln, das ihnen eine von allen anderen unterschiedene Sonderart, eine Volksindividualität verleiht, und sie dadurch weiter zu historischem Leben und historischer Wirkung befähigt. Im einzelnen ist diese Entwickelung hier etwas früher, dort etwas später erkennbar, verläuft bald rascher, bald langsamer, bis das Volk entweder in das sich bildende und immer mehr verbreiternde Bett des vollen geschichtlichen Lebens eintritt, oder aber ein Zustand erreicht worden ist, über den es nach seiner Veranlagung und den äusseren Bedingungen seines Daseins, solange diese sich nicht ändern, nicht mehr hinauskommen kann — so z. B. bei den Beduinen, oder auch bei denjenigen indogermanischen Völkern, die Jahrtausende lang nicht wesentlich weitergekommen sind, bis sie vom Strom des lebendigen historischen Lebens erfasst wurden. Doch sobald wir die Einzelerscheinungen zu einer Einheit zusammenfassen, treten diese zeitlichen Unterschiede vollständig zurück, während die Gleichzeitigkeit der Entwickelung um so überraschender und gewaltiger sich aufdrängt.

Eine Ausnahme bildet freilich die Entwickelung Amerikas; hier werden die Zustände, die in der Alten Welt einer fernen Vorzeit angehören, auch von den fortgeschrittensten Völkern erst Jahrtausende später erreicht. Wie das zu erklären ist, weiss ich nicht, und ich gehe darauf um so weniger ein, da mir dafür alle genaueren Kenntnisse fehlen. Die geschichtliche Thatsache, die wir für die östlichen Continente constatirt haben, wird dadurch in keiner Weise beeinflusst.

Diese Thatsache fordert eine Erklärung; und diese Erklärung kann nur in einer einzigen Richtung gesucht werden. Die Erfahrung lehrt, dass es viele Völker giebt, die auf einem einmal erreichten Standpunkt dauernd stehen bleiben und sich die Jahrtausende hindurch äusserlich kaum, innerlich garnicht verändern, es sei denn, dass sie durch äussere Einwirkungen gewaltsam aus ihren Bahnen gerissen werden, wie etwa gegenwärtig die Neger. Das können wir begreifen; nicht begreifen aber können wir, dass ein Volk lange Zeiträume hindurch stagnirend auf derselben Stufe stehen geblieben sei und dann plötzlich von innen heraus eine neue vorwärts führende Bahn eingeschlagen habe. Vielmehr sind wir gezwungen, eine Continuität der Entwickelung anzunehmen, die Linien, die wir vom 5. und 4. Jahrtausend an bis zur Gegenwart verfolgen können, auch nach oben in der gleichen Richtung zu verlängern, obwohl uns hier die urkundlichen Zeugnisse fehlen.

Das ist allerdings ein Postulat; aber ein Postulat, dessen Anwendung nicht in unserem Belieben steht, sondern das ebenso mit Nothwendigkeit in der Natur unseres Denkens liegt, wie dass wir einen Vorgang, den wir beobachten, als Wirkung und Ursache erfassen oder mit anderen Worten ihn causal entweder als einen Willensact oder aber als einen gesetzmässigen Vorgang denken müssen. Wollten wir das Postulat negiren, so würden wir damit nicht nur das wissenschaftliche Denken, sondern das Denken überhaupt aufheben; oder vielmehr, wir würden sofort nach der Ursache suchen, welche diesen Stillstand und die dann plötzlich spontan eingetretene fortschreitende Entwickelung dennoch begreiflich machte, und damit lediglich das Postulat wieder als berechtigt anerkennen.

Wir müssen also annehmen, dass um 5000 v. Chr. das genus homo eine Stufe seiner Entwickelung erreicht hatte, die allen den Menschengruppen oder Völkern, die ihrer Veranlagung nach (d. h. nach den geistigen Kräften, die in ihnen beschlossen waren) überhaupt über dies Stadium hinausgelangen konnten, den Eintritt in diejenigen Bahnen ermöglichte, die zur Entstehung einer weiter fortschreitenden Cultur, zur Ausbildung einer Sonderindividualität, und zum Eintritt in ein historisches Leben führte. Vorher aber liegt die unendlich lange Epoche, in der der Mensch, dasjenige Wesen, das wir vom Standpunkte der abgeschlossenen Entwickelung aus mit diesem Namen bezeichnen, noch nicht existirte, sondern erst wurde, sich aus anderen organischen Wesen herausbildete. Innerhalb dieser langen Entwickelungsreihe einen Zeitpunkt zu bestimmen, von dem an wir den Gattungsbegriff in dem Sinne anwenden können, den wir jetzt damit verbinden, ist bekanntlich völlig unmöglich. Die nächsten Vorstufen der um 5000 erreichten Entwickelung wird man natürlich noch ganz unbedenklich als Menschen bezeichnen; je weiter wir hinaufsteigen, desto schwankender wird unsere Auffassung werden. Man kann bestimmte besonders charakteristische Errungenschaften, etwa die Bändigung und Verwerthung des Feuers, als das entscheidende Moment betrachten oder aber die Sprachschöpfung etwa von dem Momente an, wo sie zur Satzbildung fortgeschritten ist und damit für das Denken einen formulirten Ausdruck gewonnen hat; indessen keine dieser Errungenschaften ist ein einmaliger Act, sondern vielmehr ein unendlich langer, in vielen Stadien verlaufender Entwickelungsprocess. Und nicht anders liegt es, wenn man physische Merkmale erwählt, den aufrechten Gang, die Ausbildung der Hand, den Verlust der Behaarung, die Entwickelung des Gehirns; in Wirklichkeit gehen ja alle diese Dinge zusammen und stehen in fortwährender Wechselwirkung, und sind andrerseits nur die äussere Erscheinungsform der gleichzeitigen geistigen Entwickelung,

wie denn Ausbildung der Grosshirnrinde, Schöpfung der Sprache und Entwickelung des formulirten Denkens absolut identische Vorgänge sind.

Nun giebt es allerdings eine Erscheinung, welche diese continuirliche Linie durchkreuzt: das ist die Cultur der jüngeren paläolithischen Zeit, die uns vor Allem in den Höhlenfunden Frankreichs entgegentritt, und die wir als Magdalénien bezeichnen. Hier handelt es sich zweifellos um eine Cultur, die den bereits ausgebildeten Menschen voraussetzt; die künstlerischen Erzeugnisse, welche diese Epoche hinterlassen hat, haben — in scharfem Gegensatz zu den inzwischen gemachten technischen Fortschritten — in der ganzen neolithischen Zeit nicht ihres Gleichen, erst die hochentwickelte Cultur des Alten Reichs in Aegypten, des Reichs von Akkad in Babylonien, der Blüthezeit Kretas hat ihnen ebenbürtige Schöpfungen zur Seite zu setzen. Nach den geologischen Autoritäten ist das Magdalénien, durch eine weite Kluft von dem neolithischen Zeitalter getrennt, in eine sehr frühe Zeit zu setzen; der Abstand von der Gegenwart wird auf 15—20000 Jahre und mehr geschätzt. Der Historiker hat kein Mittel, um hier nachzuprüfen; ihm bleibt nichts übrig, als anzunehmen, was ihm von autoritativer Seite geboten wird, so sehr sein Empfinden sich dagegen sträuben mag. Aber auch wenn sich hier in Zukunft noch Verschiebungen ergeben sollten, so kann doch kein Zweifel sein, dass die Cultur des Magdalénien von der der neolithischen Zeit vollkommen geschieden ist und diese nicht etwa an sie anknüpft. Die Verfertiger der Schnitzereien aus Rennthierhorn und Mammuthzahn, der Zeichnungen auf Stein, der Wandmalereien in den Höhlen des Magdalénien sind zweifellos bereits Menschen in unserem Sinne gewesen. Wir haben es also hier mit einem bedeutsamen Ansatz zu höherer Cultur bei einem weit über die anderen hinausgeschrittenen Zweige der menschlichen Wesen zu thun, der dann aber jäh abgebrochen ist, vielleicht durch eine äußere Katastrophe, und eine Fortsetzung nicht gefunden hat.

Wie weit die übrigen, weit roheren Reste aus paläolithischer Zeit, die in weit höhere Epochen hinaufragen, schon als wirklich menschliche Producte bezeichnet werden dürfen, ist eine Frage, auf die sich eine entscheidende Antwort nicht geben lässt, da das was den Ausschlag geben würde, Zeugnisse über das geistige Leben, wie sie in der Kunst des Magdalénien vorliegen, hier völlig fehlen[1]. Dagegen bei den eolithischen Steinwerkzeugen[2], welche die letzten Jahre in

---

[1] Nur die nächsten Vorstufen, denen die Grimaldigrotten mit Feuerstellen und beigesetzten Leichen angehören, sind zweifellos schon völlig menschlich.

[2] Dass die Eolithen wirklich Artefakte sind, scheint von den competenten Beurtheilern gegenwärtig so allgemein anerkannt zu sein, daß wir sie unbedenklich als solche behandeln dürfen.

so grosser Fülle gebracht haben und die in monotoner Gleichförmigkeit bis hoch in die Tertiärzeit hinaufragen, kann von Menschen nicht mehr die Rede sein, sondern nur von Vorstufen des Menschen. Es sind die an sich uninteressantesten, aber, abgesehen von ganz vereinzelten Knochenfunden, allein erhaltenen Überreste der unendlich langen Übergangszeit, die von einem hochentwickelten Thier schrittweise zum ausgebildeten Menschen geführt hat. Abgebrochene und abgeschlagene Steine zu verwerthen hat dies Wesen sehr früh gelernt; aber ein weiterer Fortschritt in der Entwickelung des Werkzeugs, eine Entwickelung der Technik ist dann ungezählte Jahrtausende hindurch nicht eingetreten. Aber neben dem Stillstand auf diesem für seine Lebensbedürfnisse recht untergeordneten Gebiet geht ein um so stärkeres Vorwärtsschreiten, eine tiefgreifende Umwandlung zugleich auf intellectuellem und auf somatischem Gebiet einher: das Wesen, von dem die Eolithen der Miocänzeit stammen, wird physisch und psychisch durchaus verschieden gewesen sein von dem, welches die Eolithen der ersten Eiszeit benutzt hat; und von hier war noch wieder ein gewaltiger Schritt bis zu dem Menschen des Magdalénien und weiter zu dem Menschen der neolithischen Zeit und der beginnenden Cultur im fünften Jahrtausend.

Meine Ausführungen und Ergebnisse berühren sich aufs engste mit denen, welche vor Kurzem, von ganz entgegengesetzter Seite her, Hr. Penck vorgelegt und in lichtvoller Weise begründet hat[1]. Ich habe daher seine Darlegungen mit der grössten Freude begrüsst. Was er von naturwissenschaftlichem Standpunkt aus fordert, verlangt mit derselben Entschiedenheit die historische Betrachtung. Nur auf diesem Wege können die Thatsachen begriffen werden, die uns sonst als ein unlösbares Problem gegenüberstehen. Nur auf diesem Wege vermag aber auch die historische Forschung die Grenzen zu erkennen, an denen ihr Machtbereich beginnt und an denen die geschichtliche Entwickelung des Menschen einsetzt, deren Erforschung ihre Aufgabe bildet.

---

[1] A. Penck, Das Alter des Menschengeschlechts, Zeitschr. für Ethnologie XL, 1908, S. 390ff.

Über die Darstellung der symmetrischen Gruppe durch lineare homogene Substitutionen.

Von Dr. Issai Schur,
Privatdozent an der Universität zu Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. Frobenius am 4. Juni 1908 [s. oben S. 593].)

Eine genaue Übersicht über die irreduziblen Gruppen linearer homogener Substitutionen $\mathfrak{G}_n$, die der symmetrischen Gruppe n^{ten} Grades $\mathfrak{S}_n$ isomorph sind, hat zuerst Hr. Frobenius durch Bestimmung der Charaktere von $\mathfrak{S}_n$ gewonnen[1]. Die Charaktere von $\mathfrak{S}_n$ habe ich später in meiner Dissertation[2] noch auf einem anderen Wege erhalten; zugleich habe ich gezeigt, daß man die wirkliche Konstruktion der Gruppen $\mathfrak{G}_n$ auf die Berechnung gewisser Determinantenrelationen zurückführen kann (D., § 36). Eine weitere Methode zur Berechnung der Charaktere von $\mathfrak{S}_n$ und der Gruppen $\mathfrak{G}_n$ hat Hr. Frobenius in seiner Arbeit *Über die charakteristischen Einheiten der symmetrischen Gruppe*[3] angegeben. In dieser Arbeit hat Hr. Frobenius auch zuerst den Satz ausgesprochen, daß jede der Gruppen $\mathfrak{G}_n$ bei passender Wahl der Variabeln als eine Gruppe mit rationalen Koeffizienten geschrieben werden kann[4].

In der vorliegenden Arbeit soll nun genauer gezeigt werden, daß sich jede der irreduziblen Gruppen $\mathfrak{G}_n$ bei geeigneter Wahl der Variabeln auch als eine Gruppe mit *ganzzahligen* rationalen Koeffizienten darstellen läßt. Da nun jede Gruppe linearer Substitutionen, die der Gruppe $\mathfrak{S}_n$ isomorph ist, als eine endliche Gruppe vollständig reduzibel ist, so ergibt sich zugleich der Satz:

Jede Gruppe linearer homogener Substitutionen, die der symmetrischen Gruppe n^{ten} Grades isomorph ist, läßt sich durch eine lineare Transformation der Variabeln in eine Gruppe mit ganzzahligen rationalen Koeffizienten überführen.

---

[1] Sitzungsberichte 1900, S. 516.

[2] *Über eine Klasse von Matrizen, die sich einer gegebenen Matrix zuordnen lassen,* Berlin 1901. — Im folgenden mit D. zitiert.

[3] Sitzungsberichte 1903, S. 328.

[4] Dieses Resultat ergibt sich auch ohne weiteres aus den Betrachtungen des § 36 meiner Dissertation.

§ 1.

Es mögen zunächst einige Bemerkungen über die Charaktere der symmetrischen Gruppe $\mathfrak{S}_n$ vorausgeschickt werden.

Man habe eine Gruppe $\mathfrak{G}$ linearer homogener Substitutionen von nicht verschwindenden Determinanten, die der Gruppe $\mathfrak{S}_n$ isomorph ist. Entspricht dann die Substitution A von $\mathfrak{G}$ einer Permutation R von $\mathfrak{S}_n$, die in α_1 Zykeln der Ordnung 1, ferner α_2 Zykeln der Ordnung 2 zerfällt usw., so sei $\chi(R) = \chi_{\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_n}$ die Spur der Substitution A. Die Gesamtheit der Zahlen $\chi(R)$ wird als der *Charakter* der Gruppe $\mathfrak{G}$ bezeichnet. Bedeuten ferner $s_1, s_2, \cdots, s_n$ unabhängige Variable, so nenne ich die Funktion

$$\Phi = \sum \frac{\chi_{\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_n}}{\alpha_1!\, \alpha_2! \cdots \alpha_n!} \left(\frac{s_1}{1}\right)^{\alpha_1} \left(\frac{s_2}{2}\right)^{\alpha_2} \cdots \left(\frac{s_n}{n}\right)^{\alpha_n}$$

die *Charakteristik* der Gruppe $\mathfrak{G}$; hierbei ist die Summation über alle nicht negativen ganzzahligen Lösungen der Gleichung

$$\alpha_1 + 2\alpha_2 + \cdots + n\alpha_n = n$$

zu erstrecken. Durch die Charakteristik Φ ist die Gruppe $\mathfrak{G}$, wenn äquivalente (ähnliche) Gruppen als nicht voneinander verschieden gelten, eindeutig bestimmt. Der Koeffizient $f = \chi_{n, 0, \ldots, 0}$ von $\frac{s_1^n}{n!}$ gibt die Anzahl der Variabeln oder den *Grad* der Gruppe $\mathfrak{G}$ an.

Die Anzahl der nicht äquivalenten irreduziblen Gruppen $\mathfrak{G}$, die der Gruppe $\mathfrak{S}_n$ isomorph sind, ist gleich der Anzahl k der Zerlegungen

$$(1.) \qquad n = \lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_\varrho \qquad (\lambda_1 \leqq \lambda_2 \leqq \cdots \leqq \lambda_\varrho)$$

der Zahl n in positive ganzzahlige Summanden. Die der Zerlegung (1) entsprechende irreduzible Gruppe werde mit $\mathfrak{G}_{\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_\varrho}$ bezeichnet. Die Charakteristik $\Phi_{\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho}$ dieser Gruppe läßt sich folgendermaßen bestimmen. Man bezeichne mit p_ν die Funktion

$$p_\nu = \sum \frac{1}{\alpha_1!\, \alpha_2! \cdots \alpha_\nu!} \left(\frac{s_1}{1}\right)^{\alpha_1} \left(\frac{s_2}{2}\right)^{\alpha_2} \cdots \left(\frac{s_\nu}{\nu}\right)^{\alpha_\nu} \qquad (\alpha_1 + 2\alpha_2 + \cdots + \nu\alpha_\nu = \nu)$$

und setze noch $p_0 = 1, p_{-1} = p_{-2} = \cdots = 0$. Dann wird (vgl. D., § 23)

$$(2.) \qquad \Phi_{\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho} = \begin{vmatrix} p_{\lambda_1}, & p_{\lambda_1 - 1}, & \cdots p_{\lambda_1 - \varrho + 1} \\ p_{\lambda_2 + 1}, & p_{\lambda_2}, & \cdots p_{\lambda_2 - \varrho + 2} \\ \cdot & \cdot & \cdots \;\cdot \\ p_{\lambda_\varrho + \varrho - 1}, & p_{\lambda_\varrho + \varrho - 2}, & \cdots p_{\lambda_\varrho} \end{vmatrix}.$$

Der Grad $f_{\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_\varrho}$ der Gruppe $\mathfrak{G}_{\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_\varrho}$ ist gleich

$$f_{\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_\varrho} = \frac{n!}{\lambda_1!\, (\lambda_2 + 1)! \cdots (\lambda_\varrho + \varrho - 1)!} \prod_{\alpha < \beta} (\lambda_\beta - \lambda_\alpha + \beta - \alpha).$$

Differentiiert man auf beiden Seiten der Gleichung (2) nach s_1 und beachtet, daß $\frac{\partial p_\nu}{\partial s_1} = p_{\nu-1}$ ist, so erhält man rechts

$$\begin{vmatrix} p_{\lambda_1-1}, & p_{\lambda_1-2}, & \cdots p_{\lambda_1-\varrho} \\ p_{\lambda_2+1}, & p_{\lambda_2}, & \cdots p_{\lambda_2-\varrho+2} \\ \cdot & \cdot & \cdots \quad \cdot \\ p_{\lambda_\varrho+\varrho-1}, & p_{\lambda_\varrho+\varrho-2}, & \cdots p_{\lambda_\varrho} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} p_{\lambda_1}, & p_{\lambda_1-1}, & \cdots, p_{\lambda_1-\varrho+1} \\ p_{\lambda_2}, & p_{\lambda_2-1}, & \cdots, p_{\lambda_2-\varrho+1} \\ \cdot & \cdot & \cdots \quad \cdot \\ p_{\lambda_\varrho+\varrho-1}, & p_{\lambda_\varrho+\varrho-2}, & \cdots, p_{\lambda_\varrho} \end{vmatrix} + \cdots.$$

Daher ist

$$\frac{\partial \Phi_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_\varrho}}{\partial s_1} = \Phi_{\lambda_1-1,\lambda_2,\ldots,\lambda_\varrho} + \Phi_{\lambda_1,\lambda_2-1,\ldots,\lambda_\varrho} + \cdots + \Phi_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_\varrho-1}.$$

Vergleicht man auf beiden Seiten dieser Gleichung die Koeffizienten von s_1^{n-1}, so erhält man die für das folgende wichtige Rekursionsformel

$$(3.)\quad f_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_\varrho} = f_{\lambda_1-1,\lambda_2,\ldots,\lambda_\varrho} + f_{\lambda_1,\lambda_2-1,\ldots,\lambda_\varrho} + \cdots + f_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_\varrho-1}.$$

Hierbei hat man rechts, falls $\lambda_\nu = \lambda_{\nu-1}$ ist, den νten Summanden gleich 0 zu setzen, außerdem ist für $\lambda_1 = 1$ unter $f_{0,\lambda_2,\ldots,\lambda_\varrho}$ die Zahl $f_{\lambda_2,\ldots,\lambda_\varrho}$ zu verstehen.

Die der Zahl n entsprechenden k Charakteristiken $\Phi_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_\varrho}$ denke ich mir nach dem lexikographischen Prinzip angeordnet, d. h. es soll $\Phi_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_\varrho}$ vor $\Phi_{\mu_1,\mu_2,\ldots,\mu_\sigma}$ stehen, wenn die erste nicht verschwindende unter den Differenzen

$$\lambda_\varrho - \mu_\sigma, \lambda_{\varrho-1} - \mu_{\sigma-1}, \cdots$$

positiv ist. Die Anordnung ist also folgende:

$$\Phi_n, \Phi_{1,n-1}, \Phi_{2,n-2}, \Phi_{1,1,n-2}, \Phi_{3,n-3}, \Phi_{1,2,n-3}, \ldots.$$

Das αte Glied dieser Reihe soll mit $\Phi^{(\alpha)}$, die zu $\Phi^{(\alpha)}$ gehörende irreduzible Gruppe mit $\mathfrak{G}^{(\alpha)}$ bezeichnet werden. Ist $\alpha < \beta$, so soll $\mathfrak{G}^{(\alpha)}$ auch von *höherer Ordnung* als $\mathfrak{G}^{(\beta)}$ heißen. Nach demselben Prinzip ordnen wir auch die k Produkte $p_{\lambda_1}p_{\lambda_2}\cdots p_{\lambda_\varrho}$ an, sie sollen entsprechend mit $p^{(1)}, p^{(2)}, \cdots$ bezeichnet werden. Dann wird (vgl. D., § 23)

$$p^{(\alpha)} = \Phi^{(\alpha)} + \sum_{\beta=1}^{\alpha-1} c_\beta \Phi^{(\beta)},$$

wo die Koeffizienten c_β nicht negative ganze Zahlen sind. Hieraus folgt, daß, wenn $\mathfrak{G}$ eine der Gruppe $\mathfrak{S}_n$ isomorphe Gruppe linearer Substitutionen mit der Charakteristik $p_{\lambda_1}p_{\lambda_2}\cdots p_{\lambda_\varrho}$ ist, unter den in $\mathfrak{G}$ enthaltenen irreduziblen Gruppen die Gruppe $\mathfrak{G}_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_\varrho}$ genau einmal vorkommt, während die übrigen von höherer Ordnung sind.

§ 2.

Eine der Gruppe $\mathfrak{S}_n$ isomorphe Gruppe $\mathfrak{G}$ mit der Charakteristik $p_{\lambda_1} p_{\lambda_2} \cdots p_{\lambda_\varrho}$ kann am einfachsten folgendermaßen hergestellt werden.

Es sei allgemein $\varphi(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ irgendeine (ganze rationale) Funktion der Variabeln $x_1, x_2, \cdots, x_n$. Unterwirft man in der Funktion φ die n Variabeln allen $h = n!$ Permutationen von $\mathfrak{S}_n$, so mögen m verschiedene Funktionen

$$(4.)\qquad \varphi_1, \varphi_2, \cdots, \varphi_m$$

entstehen. Jeder Permutation R von $\mathfrak{S}_n$ entspricht dann eine Permutation R' der m Funktionen (4), und diese Permutationen der φ_μ bilden eine mit $\mathfrak{S}_n$ isomorphe Gruppe $\mathfrak{G}$, die auch als Gruppe linearer homogener Substitutionen aufgefaßt werden kann. Die Spur $\chi(R)$ von R' gibt dann an, wie viele unter den Funktionen (4) ungeändert bleiben, wenn die Variabeln die Permutation R erleiden. Die Zahl $\chi(R)$ ist bekanntlich eindeutig bestimmt durch die Permutation R und die Untergruppe $\mathfrak{A}$ von $\mathfrak{S}_n$, bei deren Permutationen die Funktion φ ungeändert bleibt. Man setze

$$\mathfrak{S}_n = \mathfrak{A}S_1 + \mathfrak{A}S_2 + \cdots + \mathfrak{A}S_m$$

und nehme an, daß φ durch die Permutationen des Komplexes $\mathfrak{A}S_\mu$ in φ_μ übergeführt wird. Dann läßt φ_μ nur die Permutationen der Gruppe $S_\mu^{-1}\mathfrak{A}S_\mu$ zu. Daher gibt $\chi(R)$ an, wie viele unter den Gruppen

$$S_1^{-1}\mathfrak{A}S_1,\ S_2^{-1}\mathfrak{A}S_2,\ \cdots,\ S_m^{-1}\mathfrak{A}S_m$$

das Element R enthalten. Bildet man für alle h Permutationen S von $\mathfrak{S}_n$ die Gruppen $S^{-1}\mathfrak{A}S$, so enthalten unter diesen Gruppen, wenn a die Ordnung von $\mathfrak{A}$ ist, genau $a\chi(R)$ die Permutation R. Dies kann man auch anders ausdrücken: unter den h Elementen SRS^{-1} kommen $a\chi(R)$ in $\mathfrak{A}$ vor. Sind nun

$$(5.)\qquad R_1, R_2, \cdots, R_{h_\varrho}$$

die zu R konjugierten Elemente von $\mathfrak{S}_n$, so werden unter den Elementen SRS^{-1} genau $\frac{h}{h_\varrho}$ gleich R_ν. Ist demnach a_ϱ die Anzahl der Elemente (5), die in $\mathfrak{A}$ enthalten sind, so wird $a\chi(R) = \frac{h}{h_\varrho}a_\varrho$, also

$$\chi(R) = \frac{h a_\varrho}{a h_\varrho}\,.$$ [1]

Man denke sich nun die Funktion φ so gewählt, daß $\mathfrak{A}$ die Untergruppe $\mathfrak{S}_{\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_\varrho}$ der Ordnung $\lambda_1!\,\lambda_2!\cdots\lambda_\varrho!$ von $\mathfrak{S}_n$ wird, deren Per-

[1] Vgl. Frobenius, *Über Relationen zwischen den Charakteren einer Gruppe und denen ihrer Untergruppen,* Sitzungsberichte 1898, S. 501.

mutationen die λ_1 ersten Ziffern untereinander vertauschen, ferner die λ_2 folgenden usf. Dann wird (vgl. D., § 12) die durch den Charakter $\chi(R)$ bestimmte Charakteristik Φ von $\mathfrak{G}$ gleich $p_{\lambda_1} p_{\lambda_2} \cdots p_{\lambda_\varrho}$. In diesem Fall soll die Gruppe $\mathfrak{G}$ auch mit $\mathfrak{P}_{\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_\varrho}$ bezeichnet werden.

§ 3.

Es erweist sich als nützlich, im folgenden von den Bezeichnungen der Theorie der Moduln Gebrauch zu machen.

Unter einem Modul verstehe ich hier ein System M von homogenen Formen derselben Ordnung in n Variabeln $x_1, x_2, \cdots x_n$, das durch folgende Eigenschaft charakterisiert ist: sind φ und ψ zwei Formen von M und bedeuten a und b zwei beliebige Konstanten, so enthält M auch die Form $a\varphi + b\psi$. In M lassen sich dann gewisse m linear unabhängige Formen $\varphi_1, \varphi_2, \cdots, \varphi_m$ angeben, so daß die Gesamtheit der Formen von M übereinstimmt mit der Gesamtheit der linearen Verbindungen $a_1\varphi_1 + a_2\varphi_2 + \cdots + a_m\varphi_m$ mit konstanten Koeffizienten a_1, $a_2, \cdots, a_m$. Die Zahl m nennt man die *Ordnung*, die Funktionen φ_1, $\varphi_2, \cdots, \varphi_m$ eine *Basis* des Moduls M. Multipliziert man alle Elemente von M mit irgendeiner Form η, so entsteht ein neuer Modul, der mit ηM bezeichnet werden soll. Der Modul M soll ein *symmetrischer* Modul heißen, wenn für jede Form φ von M auch alle aus φ durch Vertauschung der Variabeln hervorgehenden Formen in M enthalten sind. Hat man mehrere Formen $\varphi, \psi, \cdots$ derselben Ordnung und geht φ bei den $n!$ Vertauschungen der Variabeln in $\varphi', \varphi'', \cdots$ über, ebenso ψ in $\psi', \psi'', \cdots$ usw., so bildet die Gesamtheit der linearen Verbindungen

$$a'\varphi' + a''\varphi'' + \cdots + b'\psi' + b''\psi'' + \cdots$$

einen symmetrischen Modul M. Wir wollen dann sagen: M sei der *durch die Formen* $\varphi, \psi, \cdots$ *erzeugte symmetrische Modul.*

Jedem symmetrischen Modul M in n Variabeln entspricht eine Gruppe $\mathfrak{M}$ linearer homogener Substitutionen, die der Gruppe $\mathfrak{S}_n$ isomorph ist. Bilden nämlich $\varphi_1, \varphi_2, \cdots, \varphi_m$ eine Basis von M und geht φ_μ durch die Permutation R der Variabeln in $\overline{\varphi}_\mu$ über, so ist nach Voraussetzung $\overline{\varphi}_\mu$ in M enthalten und folglich

$$\overline{\varphi}_\mu = a_{\mu 1}\varphi_1 + a_{\mu 2}\varphi_2 + \cdots + a_{\mu m}\varphi_m\,,$$

wo die $a_{\mu\nu}$ gewisse Konstanten sind. Die so entstehenden $n!$ Substitutionen $A = (a_{\mu\nu})$ bilden dann eine der Gruppe $\mathfrak{S}_n$ isomorphe Gruppe $\mathfrak{M}$, die wir *die Gruppe des Moduls* oder auch genauer die *zur Basis* $\varphi_1, \varphi_2, \cdots, \varphi_m$ *gehörende Gruppe des Moduls* nennen. Wählt man an Stelle von $\varphi_1, \varphi_2, \cdots, \varphi_m$ eine andere Basis von M, so geht $\mathfrak{M}$ in eine äquivalente Gruppe $\mathfrak{M}'$ über.

Man habe nun r Formen derselben Ordnung $\psi_1, \psi_2, \cdots, \psi_r$ in den n Variabeln $x_1, x_2, \cdots, x_n$, die nicht notwendig linear unabhängig sein

sollen. Es sei bekannt, daß, wenn ψ_ϱ bei irgendeiner Permutation R der Variabeln in $\overline{\psi}_\varrho$ übergeht, sich Konstanten $b_{\varrho\sigma}$ bestimmen lassen, so daß

$$\overline{\psi}_\varrho = b_{\varrho 1}\psi_1 + b_{\varrho 2}\psi_2 + \cdots + b_{\varrho r}\psi_r$$

wird; man bezeichne die Substitution $(b_{\varrho\sigma})$ mit B. Die Gesamtheit der Ausdrücke $c_1\psi_1 + c_2\psi_2 + \cdots + c_r\psi_r$ mit konstanten Koeffizienten c_ϱ bildet dann einen symmetrischen Modul M, dessen Ordnung m angibt, wie viele unter den Funktionen $\psi_1, \psi_2, \cdots, \psi_r$ linear unabhängig sind. Man wähle nun eine Matrix $Q = (q_{\varrho\sigma})$ von nicht verschwindender Determinante, so daß unter den r Funktionen

$$\varphi_\varrho = q_{\varrho 1}\psi_1 + q_{\varrho 2}\psi_2 + \cdots + q_{\varrho r}\psi_r$$

die ersten m untereinander linear unabhängig, die letzten $r-m$ dagegen gleich Null werden. Dann erhält die Matrix QBQ^{-1} die Form

$$QBQ^{-1} = \begin{pmatrix} A & C \\ 0 & D \end{pmatrix}, \tag{6.}$$

wo A eine Matrix des Grades m bedeutet. Die so entstehenden $n!$ Matrixen A bestimmen dann, wie man leicht sieht, die zur Basis $\varphi_1, \varphi_2, \cdots, \varphi_m$ gehörende Gruppe des Moduls M. Bilden insbesondere die $n!$ Substitutionen B eine mit $\mathfrak{S}_n$ isomorphe Gruppe $\mathfrak{N}$, so folgt aus der Gleichung (6), daß *die Gruppe des Moduls* M *keinen irreduziblen Bestandteil enthält, der nicht auch in der Gruppe* $\mathfrak{N}$ *enthalten ist.*

Es sei wieder M ein beliebiger symmetrischer Modul der Ordnung m in n Variabeln, und es sei A ein Teilmodul der Ordnung a von M, der ebenfalls symmetrisch ist. Sieht man dann zwei Funktionen von M, deren Differenz in A enthalten ist, als nicht voneinander verschieden an, so erscheint M, mod. A betrachtet, gewissermaßen als ein symmetrischer Modul der Ordnung $m-a = r$. Der so entstehende Relativmodul P soll der *zu* A *komplementäre Modul* heißen. In M lassen sich ferner r Formen $\eta_1, \eta_2, \cdots, \eta_r$ bestimmen, so daß jede Form φ von M mod. A einer linearen Verbindung $c_1\eta_1 + c_2\eta_2 + \cdots + c_r\eta_r$ kongruent wird. Die Funktionen $\eta_1, \eta_2, \cdots, \eta_r$ bilden dann, wie wir sagen wollen, eine *Basis des komplementären Moduls* P. Geht η_ϱ durch die Permutation R der Variabeln in $\overline{\eta}_\varrho$ über, so wird

$$\overline{\eta}_\varrho \equiv c_{\varrho 1}\eta_1 + c_{\varrho 2}\eta_2 + \cdots + c_{\varrho r}\eta_r \;(\text{mod. A});$$

hierbei bedeuten die $c_{\varrho\sigma}$ gewisse Konstanten. Die den verschiedenen Permutationen von $\mathfrak{S}_n$ entsprechenden Substitutionen $(c_{\varrho\sigma})$ bilden eine mit $\mathfrak{S}_n$ isomorphe Gruppe $\mathfrak{N}$, die *Gruppe des komplementären Moduls* P. Diese Gruppe $\mathfrak{N}$ läßt sich bekanntlich auch folgendermaßen charakterisieren: man bestimme eine Basis $\xi_1, \xi_2, \cdots, \xi_a$ des Moduls A und be-

zeichne mit $\mathfrak{A}$ die zu dieser Basis gehörende Gruppe von A; wählt man als Basis von M die m Formen $\xi_1, \cdots, \xi_a, \eta_1, \cdots, \eta_r$, so erhält die dieser Basis entsprechende Gruppe $\mathfrak{M}$ von M die Gestalt

$$\mathfrak{M} = \begin{pmatrix} \mathfrak{A} & 0 \\ \mathfrak{C} & \mathfrak{R} \end{pmatrix}.$$

Hieraus folgt zugleich, daß jeder irreduzible Bestandteil von $\mathfrak{M}$ entweder in $\mathfrak{A}$ oder in $\mathfrak{R}$ enthalten ist.

§ 4.

Man betrachte nun den speziellen symmetrischen Modul Γ in den n Variabeln $x_1, x_2, \cdots, x_n$, der durch die Funktion

$$\varphi = x_1 x_2 \cdots x_{p-1}(x_p + x_{p+1} + \cdots + x_n)$$

erzeugt wird. Hierbei soll p irgendeine ganze Zahl bedeuten, die nicht größer ist als n; für $p = 1$ setze man

$$\varphi = x_1 + x_2 + \cdots + x_n.$$

Unter $C^{(p)}_{\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_r}$ verstehe man für $r \geq p$ die Summe aller Produkte von je p verschiedenen aus der Reihe der Variabeln $x_{\nu_1}, x_{\nu_2}, \cdots, x_{\nu_r}$, dagegen sei $C^{(p)}_{\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_r} = 0$ für $r < p$. Ist dann

$$\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_p, \beta_1, \beta_2, \cdots, \beta_{n-p}$$

irgendeine Anordnung der Indizes $1, 2, \cdots, n$, so gilt die Formel

$$x_{\alpha_1} x_{\alpha_2} \cdots x_{\alpha_p} \equiv (-1)^p C^{(p)}_{\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_{n-p}} \pmod{\Gamma}.$$

Es genügt offenbar die Formel

$$(7.) \qquad x_1 x_2 \cdots x_p \equiv (-1)^p C^{(p)}_{p+1, p+2, \ldots, n} \pmod{\Gamma}$$

zu beweisen.

Diese Formel ist für $p = 1$ unmittelbar evident; sie sei für die Zahl $p-1$ bereits bewiesen. Ist dann Γ' der durch die Funktion

$$x_2 \cdots x_{p-1}(x_p + x_{p+1} + \cdots + x_n)$$

erzeugte symmetrische Modul in den $n-1$ Variabeln $x_2, \cdots, x_n$, so wird also

$$(8.) \qquad x_2 \cdots x_p \equiv (-1)^{p-1} C^{(p-1)}_{p+1, \ldots, n} \pmod{\Gamma'}.$$

Ist aber φ in Γ' enthalten, so kommt $x_1 \varphi$ in Γ vor. Daher folgt aus (8)

$$x_1 x_2 \cdots x_p \equiv (-1)^{p-1} x_1 C^{(p-1)}_{p+1, \ldots, n} \pmod{\Gamma}.$$

Ebenso ist für jedes α aus der Reihe $1, 2, \cdots, p$

$$x_1 x_2 \cdots x_p \equiv (-1)^{p-1} x_\alpha C^{(p-1)}_{p+1, \ldots, n} \pmod{\Gamma}$$

und folglich

$$(9.) \qquad p x_1 x_2 \cdots x_p \equiv (-1)^{p-1}(x_1 + x_2 + \cdots + x_p) C^{(p-1)}_{p+1, \ldots, n} \pmod{\Gamma}.$$

Ist nun $n-p < p-1$, so folgt aus dieser Formel, daß $x_1 x_2 \cdots x_p$ in Γ enthalten ist, in Übereinstimmung mit (7). Ist aber $n-p \geqq p-1$, so wähle man $p-1$ Indizes $\gamma_1, \cdots, \gamma_{p-1}$ aus der Reihe $p+1, \cdots, n$ und bezeichne die übrigbleibenden $q = n-2p+1$ Indizes mit $\delta_1, \cdots, \delta_q$. Dann ist jedenfalls

$$x_{\gamma_1} \cdots x_{\gamma_{p-1}} (x_{\delta_1} + \cdots + x_{\delta_q} + x_1 + \cdots + x_p) \equiv 0 \text{ (mod. } \Gamma).$$

Summiert man über alle $\binom{n-p}{p-1}$ Kombinationen $\gamma_1, \cdots, \gamma_{p-1}$, so ergibt sich, wie man leicht sieht,

$$(x_1 + x_2 + \cdots + x_p) C^{(p-1)}_{p+1, \cdots, n} + p\, C^{(p)}_{p+1, \cdots, n} \equiv 0 \text{ (mod. } \Gamma).$$

In Verbindung mit (9) ergibt sich hieraus

$$p\, x_1 x_2 \cdots x_p \equiv (-1)^p p\, C^{(p)}_{p+1, \cdots, n} \text{ (mod. } \Gamma).$$

Dividiert man durch p, so erhält man die zu beweisende Formel (7).

§ 5.

Um nun die zu der Zerlegung

$$n = \lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_\varrho \qquad (\lambda_1 \leqq \lambda_2 \leqq \cdots \leqq \lambda_\varrho)$$

gehörende Gruppe $\mathfrak{G} = \mathfrak{G}_{\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho}$ als Gruppe mit ganzzahligen Koeffizienten darzustellen, wende ich ein Verfahren an, das einer bekannten Methode, die zur Herstellung der speziellen Gruppe $\mathfrak{G}_{1, n-1}$ des Grades $n-1$ dient, nachgebildet ist.

Wir betrachten das Potenzprodukt

$$X = x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \cdots x_n^{\alpha_n},$$

in dem die λ_1 ersten Exponenten gleich $\varrho-1$, die λ_2 folgenden gleich $\varrho-2$, usw., die λ_ϱ letzten also gleich 0 sind[1]. Die aus X durch Vertauschung der Variabeln hervorgehenden

$$N = \frac{n!}{\lambda_1!\, \lambda_2! \cdots \lambda_\varrho!}$$

Produkte mögen mit

$$(10.) \qquad X^{(0)}, X^{(1)}, \cdots, X^{(N-1)}$$

bezeichnet werden. Da X nur bei den Permutationen der Untergruppe $\mathfrak{S}_{\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho}$ von $\mathfrak{S}_n$ ungeändert bleibt, so erleiden die Funktionen (10) nach dem Ergebnis des § 2 bei den Vertauschungen der Variabeln die Substitutionen der Gruppe $\mathfrak{P}_{\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho}$, deren Charakteristik gleich

---

[1] Der triviale Fall $\varrho = 1$, der auf die Darstellung der Gruppe $\mathfrak{S}_n$ durch $n!$ Einsen führt, soll im folgenden ausgeschlossen werden.

$p_{\lambda_1} p_{\lambda_2} \cdots p_{\lambda_\varrho}$ ist. Diese Gruppe erscheint zugleich als die zur Basis (10) gehörende Gruppe des durch die Funktion X erzeugten symmetrischen Moduls

$$\mathrm{M} = \mathrm{M}^{(\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho)}.$$

Daher enthält die Gruppe dieses Moduls die zu untersuchende Gruppe $\mathfrak{G}_{\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho}$ als irreduziblen Bestandteil.

Der Modul M enthält weiter die $m = \varrho - 1$ Ausdrücke

$$Y_1 = \frac{X}{x_{\lambda_1}} (x_{\lambda_1} + x_{\lambda_1+1} + \cdots + x_{\lambda_1+\lambda_2})$$

$$Y_2 = \frac{X}{x_{\lambda_1+\lambda_2}} (x_{\lambda_1+\lambda_2} + x_{\lambda_1+\lambda_2+1} + \cdots + x_{\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3})$$

....

$$Y_m = \frac{X}{x_{\lambda_1+\lambda_2+\cdots+\lambda_m}} (x_{\lambda_1+\lambda_2+\cdots+\lambda_m} + x_{\lambda_1+\lambda_2+\cdots+\lambda_m+1} + \cdots + x_{\lambda_1+\lambda_2+\cdots+\lambda_\varrho})$$

und folglich auch den durch diese Ausdrücke erzeugten symmetrischen Modul

$$\mathrm{A} = \mathrm{A}^{(\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho)}.$$

Die Funktion Y_ν bleibt, wie man leicht sieht, nur bei den Permutationen der Untergruppe

$$\mathfrak{S}_{\lambda_1, \cdots, \lambda_{\nu-1}, \lambda_\nu - 1, \lambda_{\nu+1}+1, \lambda_{\nu+2}, \cdots, \lambda_\varrho}$$

ungeändert. Die aus Y_ν durch Vertauschung der Variabeln hervorgehenden N_ν verschiedenen Ausdrücke erleiden daher bei den $n!$ Permutationen der Variabeln die Substitutionen der Gruppe

(11.) $$\mathfrak{P}_{\lambda_1, \cdots, \lambda_{\nu-1}, \lambda_\nu - 1, \lambda_{\nu+1}+1, \lambda_{\nu+2}, \cdots, \lambda_\varrho}.$$

Die Charakteristik

$$p_{\lambda_1} \cdots p_{\lambda_{\nu-1}} p_{\lambda_\nu - 1} p_{\lambda_{\nu+1}+1} p_{\lambda_{\nu+2}} \cdots p_{\lambda_\varrho}$$

dieser Gruppe ist aber von höherer Ordnung als die Charakteristik $p_{\lambda_1} p_{\lambda_2} \cdots p_{\lambda_\varrho}$. Nach dem am Schluß des § 1 Gesagten ist daher jeder irreduzible Bestandteil $\mathfrak{G}_{\mu_1, \mu_2, \cdots \mu_\sigma}$ der Gruppe (11) von höherer Ordnung als die Gruppe $\mathfrak{G}_{\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho}$. Denkt man sich nun die $N_1 + N_2 + \cdots + N_m$ Ausdrücke gebildet, die aus $Y_1, Y_2, \cdots, Y_m$ durch Vertauschung der Variabeln hervorgehen, so erfahren diese Ausdrücke bei den $n!$ Permutationen der Variabeln die Substitutionen einer Gruppe $\mathfrak{H}$, die in die m Gruppen (11) zerfällt. Folglich ist die irreduzible Gruppe $\mathfrak{G}$ in $\mathfrak{H}$ nicht enthalten. Aus dem auf S. 669 Gesagten ergibt sich also, daß auch die Gruppe $\mathfrak{A}$ des symmetrischen Teilmoduls A von M die Gruppe $\mathfrak{G}$ nicht enthält. Hieraus schließen wir, daß $\mathfrak{G}$ unter den irreduziblen Bestandteilen der Gruppe $\mathfrak{R}$ des zu A komplementären Moduls P

vorkommen muß. Die Ordnung r des Moduls P ist daher nicht kleiner als der Grad

$$f = f_{\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho}$$

von $\mathfrak{G}$.

Können wir daher f Funktionen $X_1, X_2, \cdots, X_f$ in M angeben von der Art, daß jedes der Produkte (10) mod. A einer linearen Verbindung

$$c_1 X_1 + c_2 X_2 + \cdots + c_f X_f$$

kongruent wird, so muß $r = f$ sein; die Funktionen $X_1, X_2, \cdots, X_f$ bilden dann eine Basis von P, und die zu dieser Basis gehörende Gruppe $\mathfrak{R}$ kann gleich $\mathfrak{G}$ gesetzt werden. Gelingt es insbesondere für die Funktionen $X_1, X_2, \cdots, X_f$ gewisse unter den Potenzprodukten (10) zu wählen und nachzuweisen, daß die Koeffizienten $c_1, c_2, \cdots, c_f$ sämtlich ganzzahlig werden, so werden auch die Koeffizienten der zugehörigen Gruppe $\mathfrak{R} = \mathfrak{G}$ ganze Zahlen.

Man gelangt nun zu einem solchen System von Potenzprodukten $X_1, X_2, \cdots, X_f$ auf folgendem Wege.

Man setze

$$F_{n-1}^{(2)} = 1 \; , \qquad F_{n-1}^{(1,1)} = x_{n-1} \, ,$$

$$F_{n-2}^{(3)} = 1 \; , \qquad F_{n-2}^{(1,2)} = x_{n-2} F_{n-1}^{(2)} + F_{n-1}^{(1,1)} \; , \qquad F_{n-2}^{(1,1,1)} = x_{n-2}^2 F_{n-1}^{(1,1)}$$

usw., zuletzt sei

$$(12.) \quad F^{(\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho)} = x_1^m F_2^{(\lambda_1 - 1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho)} + x_1^{m-1} F_2^{(\lambda_1, \lambda_2 - 1, \cdots, \lambda_\varrho)} + \cdots + x_1 F_2^{(\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_{\varrho-1} - 1, \lambda_\varrho)} + F_2^{(\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho - 1)} .$$

Hierbei ist rechts für $\lambda_1 = 1$

$$F_2^{(\lambda_1 - 1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho)} = F_2^{(\lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho)}$$

und, wenn für ein $\varkappa$ die Indizes $\lambda_{\varkappa - 1}$ und $\lambda_\varkappa$ einander gleich sind,

$$F_2^{(\lambda_1, \cdots, \lambda_{\varkappa-1}, \lambda_\varkappa - 1, \cdots, \lambda_\varrho)} = 0$$

zu setzen. Auf Grund der Rekursionsformel (12) wird also für jedes System von ρ Indizes

$$0 < \lambda_1 \leqq \lambda_2 \leqq \cdots \leqq \lambda_\varrho$$

eine wohlbestimmte ganze rationale Funktion $F^{(\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho)}$ von $\lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_\varrho$ Variabeln bestimmt, die in bezug auf die erste Variable vom Grade $m = \rho - 1$ ist, die letzte Variable aber nicht explizite enthält. So ist z. B.

$$F^{(1, n-1)} = x_1 + x_2 + \cdots + x_{n-1} \, ,$$

$$F^{(2, n-2)} = x_1 (x_2 + \cdots + x_{n-1}) + x_2 (x_3 + \cdots + x_{n-1}) + \cdots + x_{n-3} (x_{n-2} + x_{n-1}) \, .$$

Aus der Bildungsweise der Funktion $F = F^{(\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho)}$ geht nun unmittelbar hervor, daß F eine Summe von gewissen f' Potenzprodukten aus der Reihe (10) ist. *Diese Zahl f' ist aber gleich dem Grad $f = f_{\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho}$ der Gruppe $\mathfrak{G}$.* Denn dies ist richtig für $n = 2$; nimmt man aber unsere

Behauptung für die Funktionen $F^{(\mu_1,\mu_2,\cdots)}$, bei denen die Summe der Indizes $\mu_1, \mu_2, \cdots$ gleich $n-1$ ist, als bewiesen an, so ergibt sich aus (12)

$$f' = f_{\lambda_1-1,\lambda_2,\cdots,\lambda_\varrho} + f_{\lambda_1,\lambda_2-1,\cdots,\lambda_\varrho} + \cdots + f_{\lambda_1,\lambda_2,\cdots,\lambda_\varrho-1}.$$

Die rechts stehende Summe ist aber nach Formel (3) gleich $f_{\lambda_1,\lambda_2,\cdots,\lambda_\varrho}$.

Es soll nun bewiesen werden, daß die f Glieder der Summe F der oben gestellten Forderung genügen:

I. *Jedes der Potenzprodukte $X^{(\alpha)}$ ist mod. A kongruent einer ganzzahligen linearen Verbindung der f Potenzprodukte $X_1, X_2, \cdots, X_f$.*

Der Beweis dieses Satzes erfordert ein genaueres Studium des Moduls A und der Funktion F.

§ 6.

Man bilde mit Hilfe der $n-1$ Variabeln

(13.) $$x_1, x_2, \cdots, x_{\nu-1}, x_{\nu+1}, \cdots, x_n,$$

die der Zerlegung

$$n-1 = (\lambda_1-1) + \lambda_2 + \cdots + \lambda_\varrho$$

entsprechenden symmetrischen Moduln

$$\mathrm{M}_\nu = \mathrm{M}^{(\lambda_1-1,\lambda_2,\cdots,\lambda_\varrho)}, \qquad \mathrm{A}_\nu = \mathrm{A}^{(\lambda_1-1,\lambda_2,\cdots,\lambda_\varrho)}$$

in derselben Weise wie früher die Moduln M und A. Dann ist unmittelbar ersichtlich, daß M *den Modul $x_\nu^m \mathrm{M}_\nu$ und ebenso* A *den Modul $x_\nu^m \mathrm{A}_\nu$ als Teilmodul enthält.* Ferner besitzt A noch folgende Eigenschaft:

II. *Setzt man $\mu = \lambda_2 - \lambda_1 + 1$ und versteht unter $\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_\mu$ irgendwelche μ Indizes aus der Reihe $1, 2, \cdots, n$, so ist jedes Potenzprodukt $X^{(\alpha)}$, das den Faktor $x_{\alpha_1}^{m-1} x_{\alpha_2}^{m-1} \cdots x_{\alpha_\mu}^{m-1}$ enthält, mod.* A *kongruent einer ganzzahligen linearen Verbindung gewisser Potenzprodukte, von denen jedes einen der Faktoren $x_{\alpha_1}^m, x_{\alpha_2}^m, \cdots, x_{\alpha_\mu}^m$ enthält.*

Man betrachte nämlich den Ausdruck Y_1, der auch in der Form

$$Y = \frac{X}{x_1 x_2 \cdots x_{\lambda_1}} x_1 x_2 \cdots x_{\lambda_1-1} (x_{\lambda_1} + x_{\lambda_1+1} + \cdots + x_{\lambda_1+\lambda_2})$$

geschrieben werden kann. Setzt man

$$Z = \frac{X}{x_1 x_2 \cdots x_{\lambda_1}} = x_1^{m-1} x_2^{m-1} \cdots x_{\lambda_1+\lambda_2}^{m-1} x_{\lambda_1+\lambda_2+1}^{m-2} \cdots$$

und bezeichnet mit Γ den symmetrischen Modul in den Variabeln $x_1, x_2 \cdots, x_{\lambda_1+\lambda_2}$, der durch die Funktion

$$x_1 x_2 \cdots x_{\lambda_1-1} \; (x_{\lambda_1} + x_{\lambda_1+1} + \cdots + x_{\lambda_1+\lambda_2})$$

erzeugt wird, so enthält A offenbar den ganzen Modul $Z\Gamma$. Nun ist aber nach § 4

$$x_{\lambda_2-\lambda_1+2} x_{\lambda_2-\lambda_1+3} \cdots x_{\lambda_2+1} \equiv (-1)^{\lambda_1} C^{(\lambda_1)}_{1,2,\cdots,\lambda_2-\lambda_1+1,\lambda_2+2,\cdots,\lambda_2+\lambda_1} \pmod{\Gamma};$$

folglich ist

(14.) $Z \cdot x_{\lambda_2-\lambda_1+2}\, x_{\lambda_2-\lambda_1+3} \cdots x_{\lambda_2+1} \equiv (-1)^{\lambda_1} Z C^{(\lambda_1)}_{1,2,\cdots,\lambda_2-\lambda_1+1,\lambda_2+2,\cdots\lambda_2+\lambda_1}$ (mod. A).

Das links stehende Produkt enthält nun den Faktor $x_1^{m-1} x_2^{m-1} \cdots x_\mu^{m-1}$, ferner ist jedes der $\binom{\lambda_2}{\lambda_1}$ Glieder der rechts stehenden Summe durch mindestens eine der Potenzen $x_1^m, x_2^m, \cdots, x_\mu^m$ teilbar. Da nun die Formel (14) richtig bleibt, wenn die Variabeln $x_1, x_2, \cdots, x_n$ irgendwie permutiert werden, so ist unsere Behauptung als bewiesen anzusehen.

Wir betrachten jetzt die Funktion F. Man bezeichne mit A_ν den Koeffizienten von x_ν^m in F, ferner sei F_ν die Funktion $F^{(\lambda_1-1,\lambda_2,\cdots,\lambda_\varrho)}$ der $n-1$ Variabeln (13) und $D_\nu = F_\nu - A_\nu$. Dann gilt folgende Regel:

III. *Für* $\nu = 1, 2, \cdots, \mu$ *ist* $D_\nu = 0$, *also* $A_\nu = F_\nu$. *Ist aber* $\nu > \mu$, *so wird* D_ν *eine Summe von Potenzprodukten, von denen jedes einen Faktor* $x_{\alpha_1}^{m-1} x_{\alpha_2}^{m-1} \cdots x_{\alpha_\mu}^{m-1}$ *enthält; hierbei bedeuten* $\alpha_1, \alpha_2, \cdots \alpha_\mu$ *Indizes aus der Reihe* $1, 2, \cdots, \nu-1$.

Der Beweis ist mit Hilfe der Rekursionsformel (12) zu führen. Man bezeichne zur Abkürzung die Funktion

$$F_2^{(\lambda_1,\cdots,\lambda_\varkappa-1,\lambda_\varkappa+1,\cdots\lambda_\varrho)}$$

der $n-1$ Variabeln $x_2, \cdots x_n$ mit $F^{(\varkappa)}$, so daß also

$$F = x_1^m F^{(1)} + x_1^{m-1} F^{(2)} + \cdots + x_1 F^{(m)} + F^{(m+1)}$$

wird. Dann ist zunächst, wie zu beweisen ist,

$$A_1 = F^{(1)} = F_1.$$

Ist nun $\nu > 1$ und bedeutet $A_\nu^{(\varkappa)}$ den Koeffizienten von x_ν^m in $F^{(\varkappa)}$, so wird

$$A_\nu = x_1^m A_\nu^{(1)} + x_1^{m-1} A_\nu^{(2)} + \cdots + x_1 A_\nu^{(m)} + A_\nu^{(m+1)}.$$

Hierbei ist zu beachten, daß $A_\nu^{(1)}$ für $\lambda_1 = 1$ gleich 0 zu setzen ist, da dann $F^{(1)} = F_2^{(\lambda_2,\lambda_3,\cdots,\lambda_\varrho)}$ keine der Variabeln in der m^{ten} Potenz enthält. Die mit Hilfe der $n-2$ Variabeln

$$x_2, \cdots, x_{\nu-1}, x_{\nu+1}, \cdots x_n$$

gebildeten Funktionen

$$F^{(\lambda_1-2,\lambda_2,\cdots\lambda_n)}, \quad F^{(\lambda_1-1,\lambda_2\cdots,\lambda_\varkappa-1,\lambda_\varkappa+1,\cdots,\lambda_n)}$$

bezeichne man mit $F_\nu^{(1)}$ und $F_\nu^{(\varkappa)}$ und setze noch $D_\nu^{(\varkappa)} = F_\nu^{(\varkappa)} - A_\nu^{(\varkappa)}$. Für $\lambda_1 = 1$ hat man hierbei $F_\nu^{(1)}$, und also auch $D_\nu^{(1)}$, gleich 0 zu setzen. Ebenso soll, entsprechend einer früher gemachten Festsetzung, $F_\nu^{(\varkappa)} = 0$ sein, wenn für $\varkappa > 2$ die Indizes $\lambda_{\varkappa-1}$ und $\lambda_\varkappa$ einander gleich werden; in diesem Fall wird zugleich $F^{(\varkappa)}$ und also auch $D_\nu^{(\varkappa)}$ gleich 0. Für $\lambda_1 = \lambda_2$ ist aber $F^{(2)} = A_\nu^{(2)} = 0$, dagegen $F_\nu^{(2)} = D_\nu^{(2)}$ von Null verschieden. Nun wird auf Grund unserer Rekursionsformel

$$F_\nu = x_1^m F_\nu^{(1)} + x_1^{m-1} F_\nu^{(2)} + \cdots + x_1 F_\nu^{(m)} + F_\nu^{(m+1)},$$

mithin auch

(15.) $$D_\nu = x_1^m D_\nu^{(1)} + x_1^{m-1} D_\nu^{(2)} + \cdots + x_1 D_\nu^{(m)} + D_\nu^{(m+1)}.$$

Wir nehmen nun den Satz II, der für $n = 2$ leicht zu verifizieren ist, für die Funktionen $F^{(\varkappa)}$ der $n-1$ Variabeln $x_2, \cdots, x_n$ als bereits bewiesen an. Tritt an Stelle der Zahl $\mu = \lambda_2 - \lambda_1 + 1$ bei $F^{(\varkappa)}$ die Zahl $\mu_\varkappa$, so wird für $\lambda_1 > 1$

$$\mu_1 = \mu + 1, \ \mu_2 = \mu - 1, \ \mu_3 = \mu_4 = \cdots = \mu_\varrho = \mu;$$

ist aber $\lambda_1 = 1$, so benutzen wir nur die Gleichungen

$$\mu_2 = \mu - 1, \ \mu_3 = \mu_4 = \cdots = \mu_\varrho = \mu.$$

Ist nun $\nu \leqq \mu$, so wird $\nu - 1 \leqq \mu_\varkappa$ und, da x_ν bei den Funktionen $F^{(\varkappa)}$ als die $(\nu-1)^{\text{te}}$ Variable erscheint, so ist nach Voraussetzung

$$D_\nu^{(1)} = D_\nu^{(2)} = \cdots = D_\nu^{(m+1)} = 0,$$

also in der Tat $D_\nu = 0$, wie zu beweisen war. Ferner ist noch für $\nu = \mu + 1$

$$D_{\mu+1}^{(1)} = D_{\mu+1}^{(3)} = \cdots = D_{\mu+1}^{(m+1)} = 0,$$

also

(16.) $$D_{\mu+1} = x_1^{m-1} D_{\mu+1}^{(2)}.$$

Ist nun $\lambda_1 = \lambda_2$, also $\mu = 1$, so haben wir nur zu zeigen, daß $D_{\mu+1}$ eine Summe von Potenzprodukten ist, von denen jedes den Faktor x_1^{m-1} enthält, und dies wird durch die Formel (16) in Evidenz gesetzt. Wird aber $\lambda_2 > \lambda_1$, so dürfen wir schließen, daß $D_{\mu+1}^{(2)}$ eine Summe von Potenzprodukten ist, von denen jedes den Faktor $x_2^{m-1} x_3^{m-1} \cdots x_\mu^{m-1}$ enthält; daher enthält jedes Glied von $D_{\mu+1}$ den Faktor $x_1^{m-1} x_2^{m-1} \cdots x_\mu^{m-1}$. Es sei nun $\nu > \mu + 1$; dann wird jeder der Ausdrücke

$$D_\nu^{(1)}, D_\nu^{(3)}, \cdots D_\nu^{(m+1)}$$

entweder 0 oder eine Summe von Potenzprodukten, von denen jedes einen Faktor

$$x_{\beta_1}^{m-1} x_{\beta_2}^{m-1} \cdots x_{\beta_\mu}^{m-1}$$

enthält. Ferner wird $x_1^{m-1} D_\nu^{(2)}$ in jedem Fall eine Summe, in der jedes Glied einen Faktor

$$x_1^{m-1} x_{\beta_1}^{m-1} \cdots x_{\beta_{\mu-1}}^{m-1}$$

enthält. Hierbei bedeuten $\beta_1, \beta_2, \cdots, \beta_\mu$ Indizes aus der Reihe 2, 3, $\cdots, \nu-1$. Die Formel (15) lehrt uns dann, daß der Ausdruck D_ν in der Tat die behauptete Eigenschaft besitzt.

Der Beweis des Satzes I gestaltet sich nun folgendermaßen.

Man verstehe unter T die Gesamtheit aller Funktionen des Moduls M, die mod. A ganzzahligen linearen Verbindungen der Glieder $X_1, X_2, \cdots, X_f$

von F kongruent sind. Wir haben also zu zeigen, daß T alle Potenzprodukte $X^{(\alpha)}$ enthält. Nun nehmen wir unseren Satz, der für $n=2$ unmittelbar zu bestätigen ist, für weniger als n Variable als bereits bewiesen an. Sind dann

$$U_\nu^{(0)}, U_\nu^{(1)}, U_\nu^{(2)}, \cdots$$

die Potenzprodukte der Variabeln (13), die die Basis des Moduls M_ν bilden, so ist jedes dieser Produkte mod. A_ν einer ganzzahligen linearen Verbindung der Glieder der Summe F_ν kongruent. Zeigen wir daher, daß in T alle Glieder der Summe $x_\nu^m F_\nu$ vorkommen, so können wir aus der Tatsache, daß A den Modul $x_\nu^m \mathrm{A}_\nu$ enthält, unmittelbar schließen, daß T auch alle Potenzprodukte

$$x_\nu^m U_\nu^{(0)}, x_\nu^m U_\nu^{(1)}, x_\nu^m U_\nu^{(2)}, \cdots,$$

d. h. alle durch x_ν^m teilbaren Potenzprodukte $X^{(\alpha)}$ enthält.

Ist nun $\nu \leqq \mu$, so enthält T gewiß alle Glieder der Summe $x_\nu^m F_\nu$, weil diese Glieder wegen III auch in der Summe F vorkommen. Also kommen in T auch alle Produkte $X^{(\alpha)}$ vor, die einen der Faktoren $x_1^m, x_2^m, \cdots, x_\mu^m$ enthalten. Es sei für $\nu > \mu$ schon gezeigt, daß T alle Produkte $X^{(\alpha)}$ enthält, die durch eine der Potenzen $x_1^m, x_2^m, \cdots, x_{\nu-1}^m$ teilbar sind. Auf Grund des Satzes II können wir dann schließen, daß T auch alle Produkte $X^{(\alpha)}$ enthält, die einen Faktor der Form $x_{\alpha_1}^{m-1} x_{\alpha_2}^{m-1} \cdots x_{\alpha_\mu}^{m-1}$ enthalten, wobei $\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_\mu$ Indizes aus der Reihe $1, 2, \cdots, \nu-1$ bedeuten. Folglich kommen wegen III in T auch alle Glieder der Summe $x_\nu^m D_\nu$ und mithin auch alle Glieder der Summe

$$x_\nu^m F_\nu = x_\nu^m A_\nu + x_\nu^m D_\nu$$

vor. — Damit ist aber der Satz I bewiesen.

Wir können den Satz aussprechen:

IV. *Um die der symmetrischen Gruppe n^{ten} Grades isomorphe irreduzible Substitutionsgruppe $\mathfrak{G}_{\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho}$ zu konstruieren, bilde man den symmetrischen Modul* A *und den Ausdruck $F = F^{(\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho)}$, der eine Summe von f Potenzprodukten $X_1 . X_2, \cdots, X_f$ der Variabeln $x_1, x_2, \cdots, x_n$ ist. Führt die Permutation R der Variabeln das Potenzprodukt X_α in $\bar{X}_\alpha$ über, so lassen sich ganze Zahlen $c_{\alpha\beta}$ in eindeutiger Weise berechnen, so daß*

$$\bar{X}_\alpha \equiv c_{\alpha 1} X_1 + c_{\alpha 2} X_2 + \cdots + c_{\alpha f} X_f \text{ (mod. A)}$$

wird. Die so entstandenen $n!$ Substitutionen $(c_{\alpha\beta})$ bilden dann die Gruppe $\mathfrak{G}_{\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_\varrho}$.

Die Koeffizienten $c_{\alpha\beta}$ sind als bekannt anzusehen, sobald es gelingt, die $N-f$ von $X_1, X_2, \cdots X_f$ verschiedenen Potenzprodukte $X^{(\alpha)}$ mod. A durch $X_1, X_2, \cdots, X_f$ darzustellen. Man hat also im ganzen nur $(N-f)f$ Koeffizienten zu berechnen.

§ 7.

Die Rechnung gestaltet sich besonders einfach für den Fall

$$\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 1, \cdots, \lambda_{\rho-1} = 1, \lambda_\rho = n-\rho+1 .$$

Die zu betrachtenden Produkte $X^{(\alpha)}$ sind in diesem Fall die Produkte

$$(17.) \qquad x_{\alpha_1}^m x_{\alpha_2}^{m-1} \cdots x_{\alpha_m} . \qquad (\alpha_\nu = 1, 2, \cdots n, m = \rho - 1)$$

Die $f = \binom{n-1}{m}$ Potenzprodukte $X_1, X_2, \cdots, X_f$ sind die Produkte

$$(18.) \qquad x_{\gamma_1}^m x_{\gamma_2}^{m-1} \cdots x_{\gamma_m} . \qquad (\gamma_1 < \gamma_2 < \cdots < \gamma_m \leqq n-1)$$

Um alle Produkte (17) mod. A durch die Produkte (18) darzustellen, hat man nur folgende Regeln zu benutzen: Sind zunächst $\beta_1, \beta_2, \cdots, \beta_m$ die Indizes $\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_m$, nach zunehmender Größe geordnet, so ist

$$(19.) \qquad x_{\alpha_1}^m x_{\alpha_2}^{m-1} \cdots x_{\alpha_m} \equiv \pm x_{\beta_1}^m x_{\beta_2}^{m-1} \cdots x_{\beta_m} \,(\mathrm{mod.}\ A) ;$$

hier ist das Pluszeichen oder das Minuszeichen zu nehmen, je nachdem die Permutation

$$\begin{pmatrix} \beta_1 \beta_2 \cdots \beta_m \\ \alpha_1 \alpha_2 \cdots \alpha_m \end{pmatrix}$$

gerade oder ungerade ist. Wählt man ferner irgendeine Anordnung

$$\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu_{m-1}, \nu_1, \nu_2, \cdots, \nu_{n-m}$$

der Zahlen $1, 2, \cdots, n-1$, so wird

$$(20.) \qquad x_{\mu_1}^m x_{\mu_2}^{m-1} \cdots x_{\mu_{m-1}}^2 x_n \equiv -x_{\mu_1}^m x_{\mu_2}^{m-1} \cdots x_{\mu_{m-1}}^2 (x_{\nu_1} + x_{\nu_2} + \cdots + x_{\nu_{n-m}}) \ (\mathrm{mod.}\ A).$$

Durch Kombination der Formeln (19) und (20) kann man leicht jedes der Produkte (17) mod. A als lineare Verbindung der Produkte (18) ausdrücken. Es ergibt sich zugleich, daß für die Koeffizienten $c_{\alpha\beta}$ der zugehörigen Gruppe $\mathfrak{G}_{\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_\rho}$ in dem hier betrachteten Fall nur die Werte $0, 1$ und -1 in Betracht kommen. Ob dies auch allgemein der Fall ist, habe ich bis jetzt nicht entscheiden können.

Bericht über die Aufnahme der hieroglyphischen und hieratischen Felseninschriften im Alabasterbruch von Hatnub in Mittelägypten.

Von Dr. Georg Möller
in Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. Erman am 4. Juni 1908 [s. oben S. 593].)

Die Alabasterbrüche von Hatnub sind im Jahre 1891 durch Percy Newberry auf der Suche nach dem Grabe Amenophis' IV. von Tell Amarna aus entdeckt worden. Newberry fand bei seinem ersten Besuch eine Anzahl hieratischer Graffiti, aus denen dann Mr. Blackden den Namen des Steinbruches feststellte, der aus den Inschriften, so besonders der bekannten Selbstbiographie des »Una«, schon seit langem bekannt war, ohne daß es gelungen war, seine Lage zu bestimmen.

Blackden und Fraser haben dann im folgenden Jahre eine Woche in dem Steinbruch gearbeitet und eine Anzahl der Inschriften kopiert. Proviantmangel zwang sie zu vorzeitigem Abbrechen. Den ersten Bericht über die Entdeckung und die geleisteten Arbeiten erstattete Fraser in den Proceedings XVI, S. 73 ff.

Eingehender hat sich dann Griffith mit den Texten im 2. Bande der Berschehpublikation beschäftigt, nachdem die von Blackden und Fraser kopierten Texte von diesen in einem Privatdruck publiziert worden waren[1].

Im Januar 1907 habe ich anläßlich eines achttägigen Aufenthaltes bei Tell Amarna Gelegenheit gehabt, die etwa fünf Stunden entfernten Brüche zweimal zu besuchen. Ich konnte bei der Gelegenheit feststellen, daß die von Blackden und Fraser veröffentlichten Texte kaum ein Drittel der erhaltenen ausmachten und die Aussicht vorhanden war, auch bei den schon veröffentlichten Inschriften für die Lesung noch mancherlei zu gewinnen; ferner konnte ich konstatieren, daß die hie-

[1] M. W. Blackden and G. Willoughby Fraser, Collection of Hieratic Graffiti, from the Alabaster Quarry of Hatnub, situated near Tell Amarna, found December 28th, 1891, copied September, 1892 (for private circulation only).

ratischen Texte paläographisch von ganz besonderer Wichtigkeit seien, da sie das Bindeglied zwischen der Schrift der Elephantine-Urkunden (6. Dynastie) und den Illahunpapyrus (12. Dynastie) bilden[1].

Dank einer Bewilligung der Königlichen Akademie der Wissenschaften war es mir möglich, im vergangenen Sommer in fast siebenwöchiger Arbeit eine vollständige Neuaufnahme der Texte auszuführen.

Die Inschriften.

Die Ausbeute umfaßt 17 hieroglyphische und 52 hieratische Inschriften. Blackden-Fraser haben 12 hieroglyphische, 16 hieratische Texte publiziert. Die große Mehrzahl entstammt dem großen, auf Petries Kartenskizze (Tell el Amarna, Taf. 34) mit P bezeichneten älteren Steinbruch, die Minderzahl dem etwa 2 km südwestlich gelegenen kleinen Bruch. Die hieroglyphischen Inschriften des ersteren umfassen die Zeit von Cheops (Dynastie 4) bis zur 10. Dynastie, der älteste hieratische Text ist aus der Regierung des Teti (Dynastie 6) datiert, der jüngste im 31. Jahre Sesostris' I. (Dynastie 12) niedergeschrieben. In der zweiten Anlage stammt die älteste Inschrift aus dem 20. Jahre Amenemhets II.; die jüngste dürfte der Hyksoszeit zuzuweisen sein.

Die Inschriften des großen Steinbruchs.

a. Die hieroglyphischen Texte.

Unter den hieroglyphischen Texten ist das Hauptstück der älteste, eine prächtige, große (1,05×0,80 m messende) Stele des Cheops (Abb. 1). Sie ist, wie alle andern hieroglyphischen Inschriften, an der Südwestseite der Zugangsstraße in den Felsen gemeißelt. Es fanden sich dort noch folgende Texte:

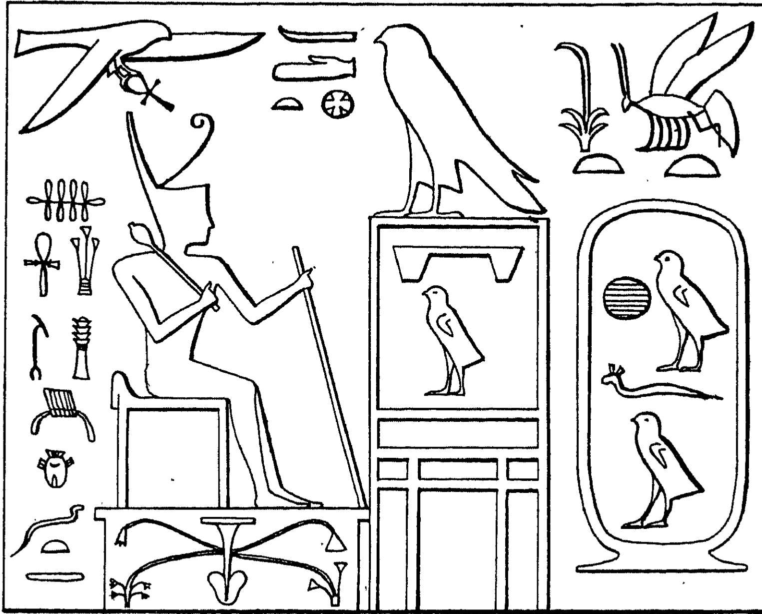
2. Kleinere Inschrift des Cheops, nur die Namen enthaltend. Der [hieroglyphs]-Name ist [hieroglyphs] geschrieben (unvollständig publiziert bei Bl.-Fr. XV, 5).

3. Stark beschädigte Inschrift des Königs [hieroglyphs] (fehlerhaft publiziert bei Bl.-Fr. XV, 7), der vermutlich mit Phiops I. identisch ist (vgl. meine Notiz in der Zeitschrift für Ägyptische Sprache und Altertumskunde, Band 44 S. 129).

---

[1] Es verdient hervorgehoben zu werden, weil für die Abschätzung des Zeitraums zwischen Dynastie 6 und 12 wichtig, daß die Hatnubtexte, die durchweg der 10. und 11. Dynastie angehören, den Texten der 6. paläographisch unendlich näherstehen als denen der 12. Dynastie.

Abb. 1.



Hierogl. Nr. 1. Felsenstele des Cheops.

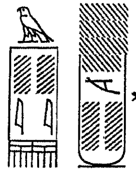
4. Inschrift aus dem 25. Jahre (= erstem Hebsedjubiläum) König Phiops' I. Der Text ist seit seiner ersten Veröffentlichung (Bl.-Fr. XV, 1) weiter zerstört worden.

5. Kleine Inschrift desselben Königs (unvollständig publiziert bei Bl.-Fr. XV, 4).

6. Inschrift aus dem »Jahr nach dem fünften Mal« (der Zählung) unter König *Mr-n-rʿ*. Die Darstellungen der Stele sind die gleichen wie bei 1. Der Name des Beamten, der die Expedition leitete, ist leider zerstört[1].

7. Sehr beschädigt, trägt die Namen Phiops' II.

8. Nach dem Schema von 1 und 6 gearbeitet, zeigt folgende Reste eines Königsnamen:



die zu keinem der bekannten passen (Phiops I. kommt nicht in Betracht). Nach dem Stil der Arbeit ist die Inschrift mit Sicherheit dem alten Reiche zuzuweisen.

[1] Unter *Mr-n-rʿ* hat bekanntlich die Expedition des »Una« nach Hatnub stattgefunden.

9. Unter einem unbekannten König ....*mrj* von einem Gaufürsten von Schmun-Hermupolis *Ḏḥwtj-nḫt*, Sohn des *Ḏḥwtj-nḫt* gestiftet, dürfte dem Ausgang des alten Reiches zuzuweisen sein, ebenso wie 10.

10. Der beschädigte Königsname läßt sich nach den Resten mit einiger Sicherheit zu (Dynastie 10) ergänzen.

b. Die hieratischen Graffiti.

Von den 49 hieratischen Texten des großen Steinbruches sind 8 noch der 6. Dynastie zuzuweisen.

Der älteste ist aus dem »Jahr nach dem sechsten Mal« (der Zählung) unter König *Ttj* datiert. Er enthielt außer dem Datum eine Namenliste der Expeditionsleiter mit dem Zusatz: [1], Sinn offenbar: »Wir haben diese Arbeit für König *Ttj* ausgeführt.« Die folgenden, schlecht erhaltenen Zeilen enthalten dann noch die Angabe, daß 300 Arbeiter beschäftigt worden sind.

Führer der Expedition sind in der hieroglyphischen Inschrift wie in den hieratischen Texten aus dem Beginn der 6. Dynastie ad hoc gesandte hohe königliche Beamte; die Vornehmen der Umgegend, besonders der Nomarch vom Hasengau (Schmun-Hermupolis), spielen noch keine Rolle.

Aus den Texten der Folgezeit ist jedoch klar zu ersehen, wie dieser Würdenträger im Laufe der 6. Dynastie zur Macht kommt und allmählich unumschränkter Herr und Eigentümer des Alabasterbruchs wird, aus dessen Erträgen er in der Gauhauptstadt seinem Gotte Thoth Tempel baut und an den König gelegentlich Bausteine liefert, Gaben, die wohl mehr den Charakter von freundnachbarlichen Geschenken als von Tributen haben.

Graffito 8 stammt aus der Regierung Phiops' II. *Nfr-kꜣ-rꜥ*. Der Text ist zu stark beschädigt, als daß es möglich wäre, eine zusammenhängende Übersetzung zu geben, jedoch lassen sich ihm mit Sicherheit die Angaben entnehmen, daß unter einer Anzahl königlicher Beamter, u. a. einem »Erster unter dem König, Palastschreiber *Mrj*« (der Name des obersten Leiters ist zerstört) 300 Bausteine gebrochen sind und von 1600 Arbeitern, darunter 500 Jungen, auf zwei [2] verladen sind, sowie daß die Arbeit unter Beihilfe des Fürsten von Schmun *Ḥwj* zu Ende geführt ist.

---

[1] Var. (Gr. 2, gleichfalls aus der Regierungszeit des *Ttj*).

[2] Vgl. »Una«-Inschrift Z. 41.

Graffito 9, nach seiner Stelle an der Felswand hier anzureihen, wozu auch der Schriftcharakter paßt, erwähnt den König nicht mehr. Der Text dürfte der Zeit unmittelbar nach dem Aussterben der 6. Dynastie angehören. Die Expedition ist von dem Gaufürsten *Iḥ3* in dem 31. Jahre seiner Herrschaft ausgesandt.

Die Arbeiterzahl wird wieder auf 1600 angegeben, die Zahl der gebrochenen Steine auf 700.

Graffito 10—13 sind nach Regierungsjahren von Fürsten datiert, welche die Namen *ʿḥ3-nḫt* und *Ḏḥwtj-nḫt* führen und einer Familie angehören. Ihr Stammbaum läßt sich folgendermaßen herstellen:



Die Regierungsdauer des *Ḏḥwtj-nḫt* ist ganz unbekannt; sie kann nicht allzu kurz gewesen sein, da zwischen seinem Vorgänger und dem 13. Regierungsjahre seines Nachfolgers zwei Generationen einer Seitenlinie der Familie liegen. Man wird die Herrschaft dieses Dynastengeschlechts also wohl auf mindestens 70 Jahre veranschlagen können.

Graffito 13 berichtet von einer Expedition mit 600 Arbeitern zur Gewinnung von Steinen für den Thothtempel von Schmun.

Die große Mehrzahl der Graffiti in unserm Steinbruch (Nr. 14—32) ist nach Regierungsjahren eines andern Fürstengeschlechts datiert, das offenbar dem der folgte, vielleicht unmittelbar, von jenem durch eine Erbtochter abstammend.

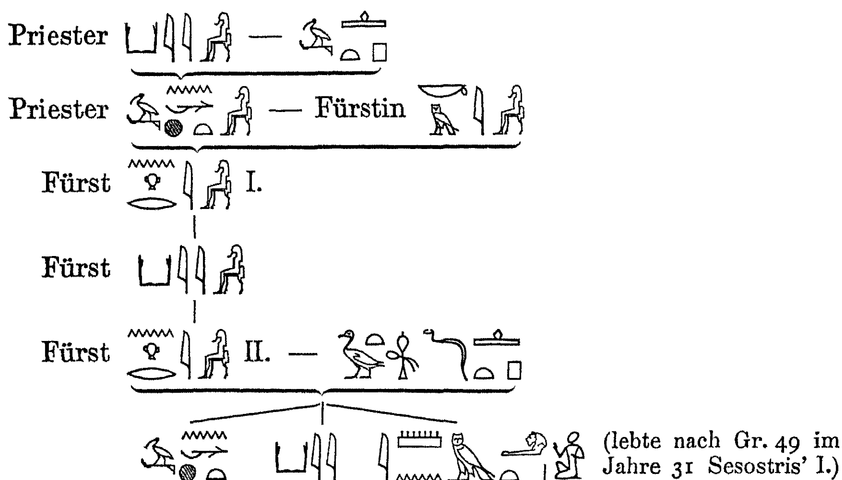
Nḥrj, der erste Herrscher des neuen Geschlechts, nennt zwar gelegentlich seinen Vater und Großvater, die beide höhere priesterliche Ämter innehatten, jedoch nicht regiert haben[1], bezeichnet sich aber mit Vorliebe als , »geboren von der *Kmj*«, von der er offenbar die Herrschaftsansprüche geerbt hat.

Die Annahme, daß die jedenfalls älteren Fürsten unmittelbar vor *Nḥrj* regiert haben, wird gestützt durch die Tatsache, daß die Mehrzahl von den Beamten des letzteren anscheinend unter

[1] Der Vater ist in *Nḥrj*s 7. Regierungsjahre nach Gr. 23 noch am Leben.

der Regierung eines geboren ist, nach dem sie nach alter ägyptischer Sitte den Namen tragen.

Unter Beiseitelassung nebensächlicher Mitglieder — wir kennen die bei Bersche liegenden Gräber dieses Dynastenhauses — läßt sich folgender Stammbaum von *Nḥrj*s Geschlecht aufstellen:



Fürst *Nḥrj* I. war somit Urgroßvater eines Mannes, der im 51. Jahre der 12. Dynastie lebte.

Wir kennen nunmehr auf Grund der Texte von Hatnub sowie von Grabinschriften von Schêch Said und Bersche folgende Fürsten des »Hasengaus« (Schmun-Hermupolis):

1. , Zeitgenosse König *Nfr-f-rꜥ*s (Dynastie 5, 4; Bersche, unpubliziert).

2. , Zeitgenosse Phiops' II. *Nfr-kꜣ-rꜥ* (Gr. 8).

3. *Ḏḥwtj-nḫt*, Sohn des *Ttj* (LD. II, 112/13).

4. *Ḏḥwtj-nḫt*, Sohn des *Ḏḥwtj-nḫt*, Zeitgenosse des (Hatnub, Hierogl. Nr. 9).

5. (Gr. 9). Mindestregierung 31 Jahre.

6. , Zeitgenosse eines Königs (?) (Hierogl. Nr. 10).

7. I. (Mindestregierung 20 Jahre, s. oben S. 683; Gr. 10).

8. .

9. II. (Mindestregierung 13 Jahre).

10. , Sohn der (Mindestregierung 8 Jahre).

11.

12. II. Dessen Sohn lebt im 31. Jahre Sesostris' I.

Nr. 5—12 führen das Attribut und datieren nach eigenen Regierungsjahren.

9 schließt vermutlich direkt an 10, zwischen 1 und 2 liegt ein größerer Zwischenraum, zwischen 2—6 sind Lücken möglich. Wir haben also mindestens 12 Generationen oder etwa 300 Jahre zwischen dem Ende der 6. Dynastie (Phiops II.) und dem 51 Jahre der 12. Dynastie (31. Jahr Sesostris' I.).

Unter *Nḥrj* I. ist, wie die vielen Inschriften aus seiner Regierungszeit zeigen, die Ausbeutung des Steinbruches am intensivsten gewesen und anscheinend die Macht des Gaufürsten auf ihrem Höhepunkt angelangt. Er datiert nicht nur, wie schon eine Reihe seiner Vorgänger, nach eigenen Regierungsjahren und führt, wie sie, hinter seinem Namen das nur den Königen zukommende (er allein auch), sondern er wird auch als »Sohn des Thoth«, seines Gaugottes, bezeichnet, genau wie der König »Sohn des Sonnengottes« heißt, und was nicht minder charakteristisch für seine unabhängige Stellung ist, seine Untertanen schwören bei seinem Namen.

In seiner Jugend hat er zusammen mit seinem Vater, dem »Vorsteher der Propheten und hohen Priester des Thoth *Ḏḥwtj-nḫt*«, seinen Gau in Kriegsnot errettet »vor dem bösen Schrecken des Königshauses« (Gr. 23. 24).

Offenbar ist die 11. Dynastie — wir befinden uns etwa im 40. Jahre vor dem Emporkommen der 12. — nie oder doch erst kurz vor ihrem Erlöschen Herr der kleinen Gaufürsten geworden.

In den Kämpfen, welche die letzten Herakleopoliten gegen die aufkommende Macht der thebanischen Dynasten zu führen hatten, besaßen sie in dem noch südlicher als Schmun gelegenen Siut, nach Ausweis der Inschriften dortiger Nomarchen, eine feste Stellung. Daß Hermupolis nicht auf seiten der »Entefs« und Mentuhoteps stehen konnte, ist eine geographische Notwendigkeit, und so dürfen wir wohl in dem feindseligen der Hatnubtexte die in Theben residierenden Herrscher sehen.

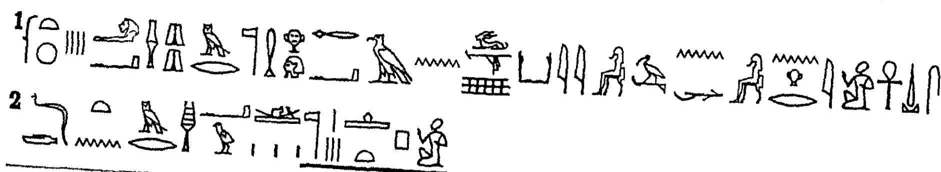
Seit dem vierten Regierungsjahre unsers *Nḥrj* herrscht Frieden im Gau, und bis zum achten finden alljährlich Steinbruchexpeditionen

statt, denen wir nicht weniger als 14 Inschriften verdanken. Als Probe möchte ich hier die älteste derselben (Nr. 14) mitteilen, die auf die Beziehungen der frühern[1] Fürsten von Schmun zum Königshof wie auf Expeditionen, die sie nilab und nilauf bis an die Landesgrenze sandten, ein interessantes Licht wirft (Abb. 2). Der Text lautet:

Abb. 2.

5 10cm.

Gr. 14. Hieratische Inschrift des *Nṯrw-ḥtp* aus dem vierten Jahre des Fürsten *Nḥrj.*



[1] Man bedenke, daß der Text die Selbstbiographie eines 73jährigen Mannes ist.

3

4

sic

5

6

7

8

9

13

Jahr 4 des Fürsten usw. vom Hasengau, *Nḥrj* (Leben, Heil, Gesundheit), Sohnes des *Ḏḥwtj-nḫt*, Sohnes des *K3j*.

Es spricht (wörtlich: was spricht) der Kapitän, *Nṯrw-ḥtp*:
Ich bin ein trefflicher Schatzmeister, gelobt von seinem Herrn[1],
ich führte die Weisungen aus in meiner Stadt,
nicht war meinesgleichen.
Ich wurde Kleiderbewahrer
und wurde Speichervorsteher
und wurde Bewässerungsinspektor.
Ich wurde Herold.
Ich wurde Kapitän,
indem ich stromauf fuhr, erreichte ich Elephantine,
indem ich stromab fuhr, erreichte ich das Delta,
um die Weisungen meines Herrn auszuführen
in Botschaften an das Königshaus,
und kehrte zurück zufriedenen Herzens,
nachdem ich getan hatte, wozu ich [bestellt] war.
Die *Ḳnb-t* des Königshauses war erfreut,
da mein Herr so sehr beliebt war im Palaste.
Ich bin ein trefflicher Herold ......
Ich bin hierher nach Hatnub ausgezogen
als Mann von 73 Jahren ...
Alles aber, was ich gesagt habe,
daran ist keine Lüge.

Ich schwöre bei *Nḥrj*, geboren von der *Kmj* [Leben, Heil, Gesundheit — ich spreche die Wahrheit].

Noch weniger als in diesem Texte ist in den spätern Inschriften *Nḥrj*s von einer Unterwerfung unter die Königsgewalt zu spüren; die Erwähnung früherer Kämpfe gegen das Königshaus (s. oben) stammt aus dem 7. Jahre. Wie dann *Nḥrj*s Nachkommen durch die Herrscher der 12. Dynastie in die Rolle der reichen, sich der königlichen Huld und höfischer Ämter freuenden Landedelleute heruntergedrückt wurden, als die sie in ihren Gräbern bei Bersche erscheinen, erfahren wir aus

[1] Dem Fürsten des Hasengaues, in dessen Diensten *Nṯrw-ḥtp* die hier aufgezählten Ämter bekleidet.

den Steinbruchinschriften nicht. *Nḥrj*s Urenkel, der unter Sesostris I. lebt und nach dessen Vorgänger den Namen führt, besucht den Alabasterbruch als Königlicher Kommissar und rühmt sich in seiner Inschrift, der jüngsten des Steinbruches (Nr. 49), seiner Unterwürfigkeit: »Ich bin aber einer, der schweigt und den Rücken krümmt.«

Die Texte des jüngeren Steinbruches.

Aus der unmittelbaren Folgezeit, und zwar aus dem 20. Jahre von Sesostris' I. Nachfolger Amenemhet II., stammt die älteste Inschrift in dem kleinen Steinbruch. Dieser ist nur kurze Zeit in Betrieb ge-

Abb. 3.



Die Zugangsstraße in den Steinbruch.

wesen. Wie der ältere große Alabasterbruch, ist auch er aus einer natürlichen Höhle erweitert, auch bei ihm ist frühzeitig die Decke eingestürzt; da er aber abweichend von jenem in einer Niederung liegt, mußte er bei jedem Winterregen voll Wasser laufen, ist dann bald verschlammt und frühzeitig aufgegeben. Die jüngste Inschrift, nach dem paläographischen Charakter etwa aus der Hyksoszeit stammend — die Schriftformen sind etwa die des Papyrus Westcar —, rührt offenbar nicht von einer Steinbruchsexpedition, sondern von einem Jäger her, der hier auf der Streife nach Gazellen Unterkunft suchte. Er hat sich mit Pfeil und Bogen und mit seinen Hunden abgebildet; ihm zu Füßen liegt eine Gazelle. Was die Darstellung hervorragend interessant und die schlechte Erhaltung des dazugehörigen Textes besonders bedauerlich macht, ist der Umstand, daß wir es offenbar mit einem Nichtägypter zu tun haben; er ist gelbhäutig, mit kurzem schwarzem Vollbart gemalt.

Technisches.

Über das Abbauverfahren bei der Alabastergewinnung konnte ich nichts feststellen; möglich, daß ein technisch geübteres Auge hier noch einiges ermitteln könnte.

Die Transporte gingen auf Schlitten vor sich, wie die bekannte, jetzt zerstörte Darstellung vom Transport einer alabasternen Kolossalstatue in Grab 2 von Bersche (Bersheh II, pl. XII) zeigt. Der Zugang

Abb. 4.



Vollständig erhaltene Steinhütte. Der Zugang ist durch zwei Steinreihen markiert.

in den Steinbruch ist ziemlich stark geneigt. In der Mitte waren Unebenheiten durch Aufschüttungen ausgeglichen, zu beiden Seiten Treppen mit flachen Stufen für die Arbeiter, die den Schlitten zu ziehen hatten, in den Felsen gehauen. An diese Gleitfläche, die noch deutlich die Spuren der Förderschlitten zeigte, schließt sich dann eine breite, überaus geschickt angelegte Straße (Abb. 3), die in mächtigen Steinschüttungen zahlreiche kleinere Schluchten überbrückt und den alten Ingenieuren alle Ehre macht. Es steht zu hoffen, daß es möglich sein wird, von den geplanten deutschen Ausgrabungen bei Tell Amarna aus diese interessante älteste Straßenanlage genau aufzunehmen, ebenso wie die zahlreichen, zum Teil noch wohlerhaltenen Arbeiterhütten (s. Abb. 4), die den großen Steinbruch rings umgeben.

Die Geburt der Helena aus dem Ei.

Von R. Kekule von Stradonitz.

(Vorgetragen am 5. März 1908 [s. oben S. 285].)

Hierzu Taf. VI, VII, VIII und IX.

Vor bald 30 Jahren habe ich in der Festschrift, die die Universität Bonn dem Archäologischen Institut in Rom zu der 50jährigen Festfeier seines Bestehens darbrachte, die literarische Überlieferung und die bildlichen Denkmäler, die sich auf den Mythos von der Geburt der Helena aus dem Ei beziehen, ausführlich behandelt. Den Anlaß gab mir eine in Fasano gefundene Vase, die ich in meinen eigenen Händen von dort bis Bonn gebracht hatte. Heute nach so langer Zeit komme ich auf das alte Thema zurück, weil ein vor ein paar Jahren für das hiesige Museum erworbenes merkwürdiges Gefäß mir den Anlaß gibt, zusammenzustellen, was seit 1879 von Denkmälern dazugekommen ist. Ich zähle sie zunächst wie folgt auf.

Boston, Museum of fine arts, Baldwin Coolidge Photographie 1677. Rotfigurige Schale des Xenotimos, früher bei Branteghem. Burlington fine arts Club Catalogue of Greek Ceramic art exhibited 1888 No. 10 (Fröhner). Antike Denkmäler I Tafel 59, S. 51 (Conze). S. Tafel VI und Abb. 1 und 2. Ich setze Conzes Erläuterung her:

»Die Branteghemsche Vase besiegelt die Richtigkeit der Deutung durch Inschriften, bietet zugleich einen neuen Anhalt, den mehrfach dargestellten Hergang der Sage sich deutlicher zu machen. Einerseits sind drei Figuren an einem Altare dargestellt. Auf dem Altare, auf welchem zum Brande bereit gelegte Hölzer angedeutet scheinen (vgl. die Bonner Vase), liegt das Ei, welches der Helena das Leben geben sollte. Daneben sitzt, der Zeichnung der charakteristischen Formen nach ganz deutlich, ein Adler, der Adler des Zeus, welcher auf der Vase Kekule C vom Himmel herabfliegt. Links am Altare steht, einen Kranz im weißen Haar, bekleidet mit ärmellosem langen Chiton und Himation, ein Zepter in der Linken, also als König charakterisiert, Tyndareos (ΤΕΥΔΑΡΕΩΣ). Auf der andern Seite des Altars bewegt sich in noch lebhafterer Aufregung über den Vorgang, als auf den

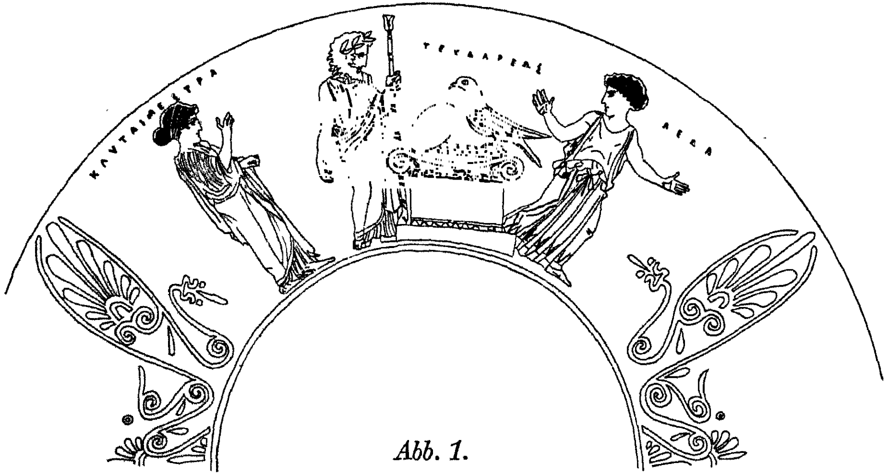


Abb. 1.

Vasen Kekule A, B, C, A¹, Leda (ΛΕΔΑ), bekleidet nur mit einem ärmellosen untergürteten Chiton mit Überfall. Hinter Tyndareos steht, mit einem Gestus der rechten Hand teilnehmend, seine Tochter Klytaimestra (ΚΛΥΤΑΙΜΕΣΤΡΑ). Sie trägt einen Ärmelchiton und Mantel, das Haar umbunden und hinten in einen Schopf gefaßt.« Die zweite Außenseite ist eine ausführende Fortsetzung der ersten. Ich lasse wiederum Conzes Beschreibung folgen: »In der anderen Hälfte des Bildes steht inmitten eine andere Tochter des Tyndareos, wie Robert mit Anführung von Apollodor III, 10, 7, 1 und einer Vase im Britischen Museum (584) nachgewiesen hat (Archäol. Anzeiger 1889 S. 143) Phylonoe (ΦΥΛΟΝΟΕ). Bekleidet mit einem über dem Überfalle gegürteten Chiton steht sie, mit dem linken Fuß auf einen Felsen auftretend, das Kinn in die linke Hand gestützt, und streckt die rechte Hand wie redend gegen eine ihr gegenüberstehende Genossin aus, die mit ähnlichem Gestus die linke Hand bewegt. Diese trägt über einem Ärmelchiton einen Mantel. In der Beischrift wird sie, wenn man einen Schreibfehler annehmen darf, Kleopatra genannt (ΚΛΕΟΤΡΑ). Bleibt dieser Name ohne Erklärung, so fehlt die Beischrift ganz bei der dritten Figur, welche, für die Komposition gesondert, abgewandt hinter Phylonoe steht. Sie ist bekleidet wie Leda. In der Proportion ist sie dem Zeichner etwas kurz geraten. Den Platz einer Namensinschrift hat die Künstlerinschrift eingenommen: Ξενότιμος ἐποίησεν.«

Auf dem Innenbild der Schale sitzt auf einem Lehnstuhl ein bärtiger Mann, mit Chlamys, Stiefeln, Petasos bekleidet; er hält zwei Speere in der Hand. Die Beischrift nennt ihn Peirithoos (ΠΕΡΙΘΟΣ). Hier ist also kein mythischer Zusammenhang mit den Außenbildern festgehalten.

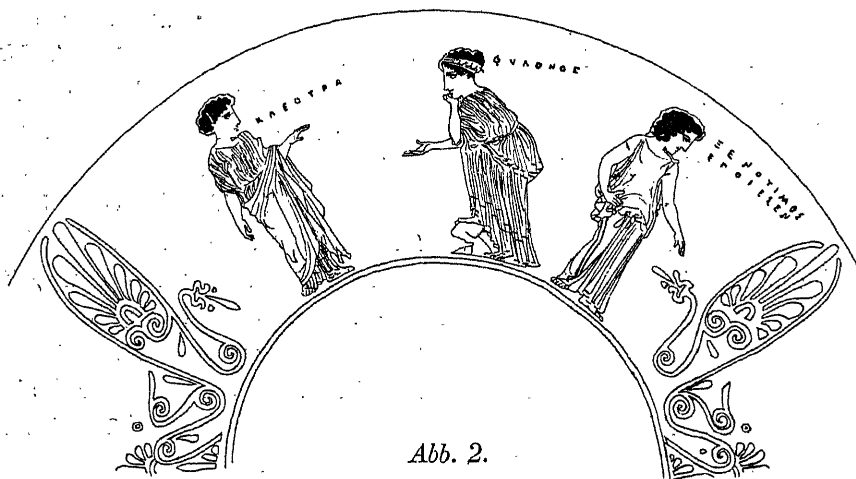


Abb. 2.

Bologna, Museo Civico (Abb. 3). Brizio in den Atti e memorie della R. deputazione di storia patria per le provincie di Romagna, Serie III, vol. V, fasc. I e II zu Taf. VIII: Il vaso della forma di cratere detto a campana fu trovato prima del 1883 in un sepolcro etrusco del predio Arnoaldi fuori porta Isaia. Nell' anno 1883 in seguito ad offerta fattami dallo stesso Sig. Arnoaldi lo acquistai insieme a dodici altri per il Museo, in cui adesso si trova. Die Rückseite, die mit der Vasenform am Anfang des Aufsatzes von Brizio angegeben ist, zeigt eine Herme zwischen einem Mann und einer Frau: una donna ammantata con cuffia in capo, la quale sacrifica ad un' erma itifallica con barba e capelli bianchi a cui offre una patera che tiene nella destra. Dietro l' erma vedesi un uomo ammantato che si allontana.

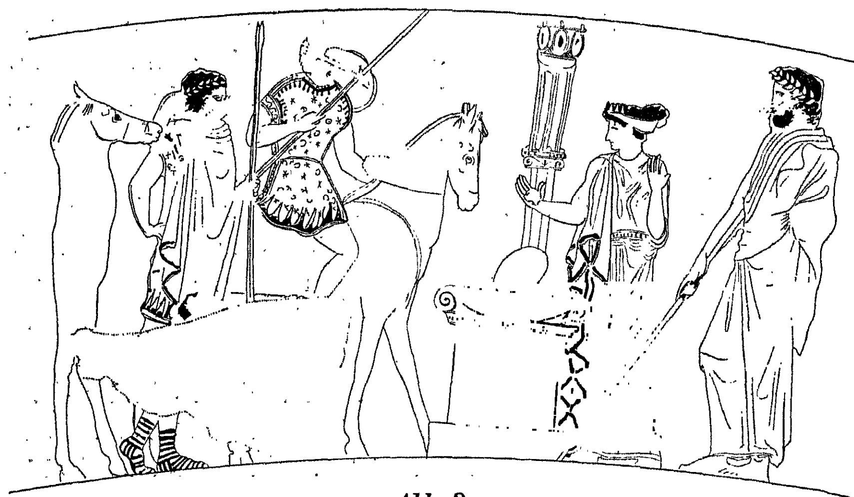


Abb. 3.

Das Hauptbild zeigt in der Mitte einen Altar, auf dem das Ei liegt. Dahinter geht eine Säule mit ionischem Kapitell in die Höhe, auf der ein Dreifuß steht. Von rechts her, vom Beschauer aus, ist eine Frau, also Leda, zum Altar herangetreten, die beide Hände erhebt. Hinter ihr steht bärtig, das Haar mit einem Blätterkranz geschmückt, ein langbekleideter bärtiger Mann, also Tyndareos; die linke Hand hat er im Gewand, mit der Rechten hält er einen langen Zepter. Von links her ist ein Jüngling zu Pferd zu dem Altar herangeritten. Er wendet den Kopf nach dem Genossen, der, von seinem Pferd herabgestiegen, es mit der rechten Hand am Zügel zu halten scheint. Die beiden Jünglinge sind die Dioskuren. Beiden, die sonst in der Kleidung verschieden sind, hängt der Petasos im Nacken, und jeder trägt zwei Lanzen. In der Zeichnung ist vom zweiten Pferd nur der Vorderteil angegeben. Vom ersten verschwindet der Rücken hinter dem zweiten Dioskuren. Gerade hier hat die Vase eine Lücke, doch ist der Zusammenhang klar. Nach der Abbildung bei Brizio sieht es so aus, als ob der rechte Hinterhuf des vordersten Pferdes noch vorhanden sei.

Wien, Antikensammlung. Rotfiguriger Glockenkrater. Taf. VII, 1. Nach der gefälligen Mitteilung von Hrn. Robert von Schneider, dem ich auch die Photographie verdanke, ist das in Athen erworbene Gefäß, 0,213 hoch, im Durchmesser innen gemessen 0,165, oben am Mündungsrand 0,235, aus mehreren Stücken zusammengesetzt. Auf der Rückseite drei Mantelfiguren. Das Viereck zur Rechten der Leda ist rot ausgespart; das links ist weiß mit Spuren von Gelb, ähnlich dem Ei auf dem Altar.

In der Mitte des Hauptbildes sieht man einen, aus großen Steinen aufgeschichteten Altar mit einer Deckplatte. Auf diesem liegt, auf Zweige gebettet, das große Ei. Dicht am Altar steht, mit der rechten Hand zwei Lanzen aufstützend, die linke in die Hüfte gestemmt, in Chlamys und den Petasos im Nacken, ein Dioskur, hinter ihm, in derselben Kleidung, ebenfalls zwei Lanzen in der rechten Hand, sein Bruder. Auf der anderen Seite eilt eine Frau — Leda — mit erstaunt erhobenen Händen, den Kopf nach dem Ei zurückwendend, nach links hin vom Beschauer, wo ein bärtiger Mann — Tyndareos —, im Mantel auf einen Stab gestützt, sich die Szene ansieht, auch erstaunt, wie man aus der Bewegung des rechten Armes abnehmen kann. Die drei männlichen Gestalten haben Schmuckbinden mit Blättern im Haar. Auch das Haar der Leda ist mit einem Blätterkranz geschmückt. Sie trägt Armbänder; am rechten Ohr ist der Ohrschmuck erkennbar. Im Hintergrund sieht man zwei Votivtafeln angebracht. Nach der Form des Altars ist es ein ländliches Heiligtum im Freien, in dem der Vorgang zu denken ist.

Bonn (Abb. 4). Scherben von zwei rotfigurigen Vasen, über die mir Hr. Loeschcke freundliche Auskunft gegeben hat, die eine erwähnt von G. Hock, Griechische Weihegebräuche, Würzburg 1905, S. 44 Anm. 1 g. Hr. Loeschcke schreibt:

»1904 erwarb das akademische Kunstmuseum einige hundert Scherben rotfiguriger Vasen, die offenbar nicht in einer Nekropole oder in einem Heiligtum aufgelesen waren, sondern von dem Abfall einer Töpferei stammten. Mehrere Brennproben (Archäol. Jahrbuch XIV, S. 166 Anm.) und zahlreiche beim Brand mißratene Stücke machen das sicher. Nachträglich wurde glaubhaft festgestellt, daß

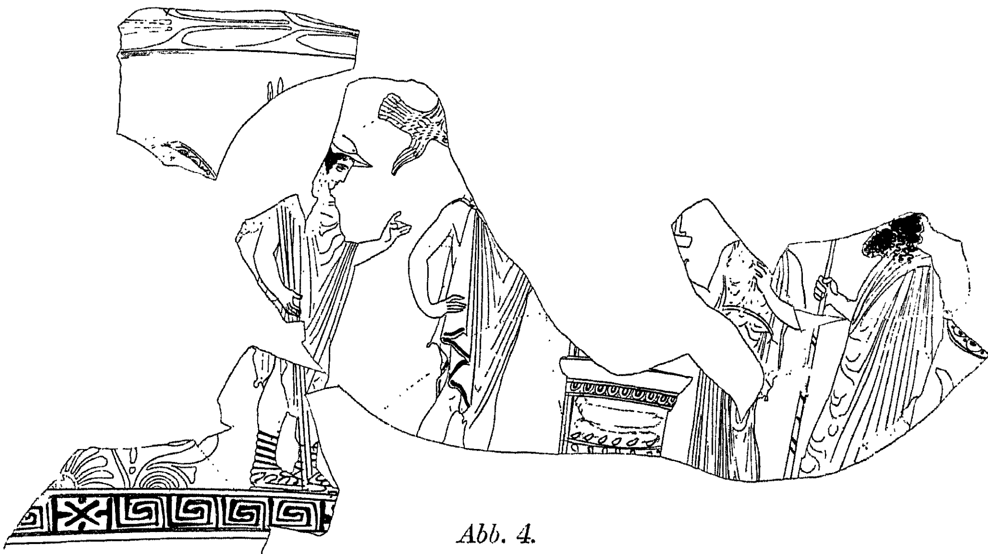


Abb. 4.

die Scherben — natürlich ist nur ein kleiner, zufälliger Bruchteil nach Bonn gekommen — bei einem Hausbau in Athen gefunden waren, und zwar in der Nähe des Piräusbahnhofs. Die Scherben sind leider, bevor sie nach Bonn kamen, durch ungeschicktes Reinigen und Leimen zum Teil geschädigt worden. Nachdem sie mein Sohn Siegfried geordnet hat, ergibt sich, daß die meisten Fragmente von größeren und kleineren Krateren derselben Form herrühren, wie die von Ihnen veröffentlichte Ledavase. Doch ist die Ausführung geringer. Mit Sicherheit läßt sich nachweisen — und auch das spricht für Herkunft aus einer Töpferei —, daß dieselbe Komposition leicht variiert in mehreren Exemplaren vorliegt, z. B. mehrmals Theseus und Minotauros; Hermes, den Argos tötend usw. Auch von dem Ledabild waren zwei Exemplare vorhanden.

I. Zur Vorderseite desselben Kraters gehören sicher Nr. 1216 *a—f*. In der Mitte der bekränzte Altar, darüber im Grund der Dreifuß (*e*).

Links stehen die Dioskuren in Chlamys, Hut, hohen Schnürschuhen, jeder zwei Lanzen in der Hand (*c* Lanzenspitzen). Von links oben fliegt auf den Altar zu der Adler des Zeus. Leda ist von rechts an den Altar herangetreten und hebt staunend die Hände. Hinter ihr steht Tyndareos mit dem Zepter. Möglicherweise ist auf Fragment *g* der Kopf der Leda erhalten [der Kopf scheint dafür zu klein. R. Zahn]. Von der Rückseite desselben Kraters stammen sehr wahrscheinlich Scherben, die den bärtigen langgewandeten Dionysos zeigen, in der Linken den Thyrsus. Ihm steht mit hochaufgesetztem Fuß eine Mänade gegenüber, die ihm den Kantharos vollschenkt. Hinter Dionysos Reste eines flöteblasenden Silens. Eine Säule deutet das Heiligtum an.

II. Von dem zweiten Exemplare der Auffindung des Eies ist nur eine Scherbe nach Bonn gekommen, auf der Kopf, linke Schulter und Kontur des Armes der Leda und Kopf und Oberkörper des Tyndareos erhalten sind.«

Hr. Loeschke hatte die große Gefälligkeit, seine brieflichen Mitteilungen mit Photographien zu begleiten und mir die Bruchstücke selbst zur Einsicht einzusenden. Danach ist die auf ein Viertel verkleinerte Zeichnung (Abb. 4) hergestellt und die vereinzelte Scherbe zur Ergänzung benutzt worden. Sie trifft mit dem andern Exemplar in den Gewandfalten der Leda Strich auf Strich überein, läßt sich aber nur in der Zeichnung einsetzen, nicht im Original, weil dazu bei I zuviel erhalten ist.

Bari, im Museum. Rotfiguriger Glockenkrater mit Phlyakendarstellung. In Bari gefunden. Mit auf dieses Gefäß bezieht sich die Fundangabe von M. Mayer in den Römischen Mitteilungen XIX (1904) S. 210: »Im Innern der Stadt am Corso, gegenüber Via Sparano, fanden sich Gräber des IV. Jahrhunderts, z. B. mit Phlyakenvasen« (Taf. VIII). Die Kenntnis und die Photographien der Vorderseite verdanke ich der Güte der HH. Dr. M. Mayer und Dr. Zahn.

Höhe 0,34. Bildhöhe 0,15. Tonoberfläche rot gefärbt. Aufgesetztes Weiß mit gelbem Firnis.

Eine Spielbude ist aus Brettern im Freien aufgeschlagen; damit die Zuschauer nicht unten hineinsehen können, ist ein lose gespannter Stoff angenagelt. Auf der so improvisierten Bühne steht am Boden ein großer Korb. In diesem, zwischen Tüchern, aufgerichtet das gewaltige Ei, aus dem gerade aufrecht stehend Helena herauskommt. Sie hat langes Haar, das schon im voraus mit einem Lorbeerkranz geschmückt ist. Der linke Arm ist dicht am Körper, die rechte Hand streckt sie dem Phlyaken entgegen, der in den erhobenen Händen ein gewaltiges Doppelbeil schwingt. Offenbar hat er gerade

das Ei zerschlagen und holt zum neuen Schlag aus, als das frisch geborene Geschöpfchen vor ihm ans Licht tritt. Zum Stillehalten, damit er das Kind nicht verletze, ruft ihn, die Hand eilig erhebend, sein Genosse auf. Daß die Szene in einem geschlossenen Raum gedacht ist, zeigt das kleine Fenster im Hintergrund und links die halb geöffnete Tür, durch die eine Frau neugierig hereinsieht. Der Phlyake geht mit dem Ei, das bei solcher Größe freilich auch eine dicke harte Schale haben muß, um, wie Prometheus oder Hephäst mit dem Schädel des Zeus. Die Frau in der Tür ist Leda, die das Kind aufziehen soll. Das ist der natürlichste Gedanke. Aber wer kann wissen, was für lustige Witze die italischen Spaßmacher in ihren Schnurren vorgebracht haben und wie und von wem das unheimliche Ei nach Sparta in den Königspalast und das Gemach der Leda gebracht worden ist. Es kann ja auch von Nemesis ausgesetzt oder gar vom Himmel gefallen sein, so daß es die Phlyaken finden und darauf losschlagen, wie die Silene auf den riesenhaften Frauenkopf, der aus der Erde hervortaucht.

Das Bild der Rückseite finde ich nicht angegeben. Es muß also ohne Belang sein, wohl einige »Mantelfiguren«, wie sie in dieser Vasengattung oft vorkommen. Gerade da lassen sie sich leichter als sonst in einen gewissen Zusammenhang mit der Hauptdarstellung bringen als bei der Aufführung anwesend, und darauf führt auf dem Vasenbild mit Chiron und Xanthias[1] der dabeistehende Jüngling, der ganz gewiß kein Schauspieler, sondern ein möglichst dicht herangetretener Zuschauer ist.

Berlin Inv. 4533. Rotfigurige Hydria. Campanische Fabrik. Höhe 0,415. (Taf. IX.) Aus Unteritalien, ohne genaue Angabe des Fundorts. Aus vielen Stücken zusammengeklebt. Einige Absplitterungen.

Die Mitte der Vorderseite nimmt ein auf einer großen Stufe aufgestellter Altar ein. Auf diesem steht das Ei, aus dem die kleine Helena, mit dem Oberkörper schon herausragend, hervorkommt. Sie streckt die beiden Ärmchen vorwärts nach Leda, die in lebhafter Bewegung auf die Stufe auftretend und vorgebeugt mit beiden Händen

---

[1] Heydemann, Archäolog. Jahrbuch I (1886) S. 287, x. Dörpfeld und Reisch, Das griechische Theater S. 321 f. x. Hier sieht man den nach der Seite hin unter die Bretterbühne gespannten Stoff, da hier die Zuschauer so wenig hineinsehen sollen als von vorn. Sehr deutlich ist der nach vorn abschließende angenagelte locker gespannte Stoff auf dem Vasenbild bei Reisch S. 223, xii. Die geöffnete Tür kommt mehrfach vor. So bei Heydemann D = v. Salis, De Doriensium ludorum in comoedia Attica vestigiis (Basel 1905) S. 21 — eine Vase, die der in Bari auf das engste verwandt scheint —, auf dem Krater des Assteas Berlin 3044, Heydemann P, Winnefeld, Bonner Studien S. 168, Reisch S. 316 f. vii und Heydemann d.

das Kind am rechten Arm anfaßt, um ihm weiter herauszuhelfen. Leda gegenüber steht, etwas hinter den Altar zurücktretend, Tyndareos mit bekränztem Haupt, im Mantel, mit dem Zepter in der Rechten, und sieht aufmerksam auf den Vorgang herab. Hinter ihm, wie nach Leda, folgt je ein Dioskur, neben seinem Pferde stehend, das er am Zügel hält. Beide Dioskuren sind mit auf den Rücken herabhängender Chlamys, mit hohen Stiefeln und Spitzhut bekleidet und halten jeder zwei Lanzen. Quer über die Brust hängen die weiß gemalten, perlenartigen Schmuckbänder, die auf Vasenbildern der gleichen Gattung so oft vorkommen; auch Tyndareos ist mit einem solchen Schmuckband versehen. Der Dioskur hinter Leda hält die rechte Hand vor das Auge, als ob er in die Ferne sehen wolle. Über dem einen Henkel ist ein liegender jugendlicher Jäger mit Lanze in der rechten Hand angebracht, über dem Henkel auf der andern Seite ein laufender Hund mit Perlhalsband. Der Jäger und sein Hund haben mit dem Hauptbild so wenig Zusammenhang wie die drei Frauenköpfe in dem Ornamentstreif an der Schulter des Gefäßes. Die beiden Pferde sind in der Farbe des Tons gelassen. Weiß, das mehrfach abgeblättert ist — so zum Teil am Ei —, ist das Ei, der Altar und die Stufe, ebenso sind die Mützen der Dioskuren mit den Mützenbändern, am Tyndareos der Kranz; aufgehöht ist überall der perlartige Schmuck.

Nicht ohne weiteres zu verstehen, aber zweifellos hier anzuführen ist die kleine rotfigurige Lekythos in Berlin 2430, auf die ich noch zurückkomme. Taf. VII, 2. Festschrift S. 7 und 26.

Die Beschreibung bei Furtwängler lautet: »Höhe 0,144. Nola. ... Aus Stücken; teilweise etwas übermalt. ... Oben und unten Eierstab. — Eigeburt. Leda steht nach links (einfacher großfaltiger dorischer Chiton mit Überschlag, Sphendone und Schmuck); sie steht in sinnender Betrachtung, die Rechte ans Kinn legend und den rechten Ellbogen auf die linke Hand stützend, vor einem Altare (eine Stufe, oben Voluten), auf welchem ein großes Ei sich erhebt, aus dem (aus einer ovalen Öffnung) ein kleines Knäbchen (mit Periammata um die Brust) herauskriecht und ihr die Arme wie bittend entgegenstreckt.«

Fast alle Erklärer halten das Kind für männlich, nur Cavedoni für weiblich. Das Original ist gerade an der Stelle, die über das Geschlecht entscheiden muß, etwas verletzt. Aber nach vielfach wiederholter Betrachtung halte auch ich es für zweifellos, daß ein Knäbchen gemeint ist. Das Kind sieht genau so aus wie die Knäbchen auf den vielen kleinen Kinderspielväschen.

Unter den seit 1879 hinzugekommenen bildlichen Zeugnissen ist keines, das nicht irgendeinen neuen Zug hinzubrächte, aber sie sind an Wert ungleich, und einige bieten völlig Unerwartetes.

Die Vase in Bologna führt die Dioskuren als Reiter vor, den einen auf dem Pferd, den anderen neben dem Pferd. Wie auf C, wird hinter dem Altar die Säule mit dem daraufgestellten Dreifuß sichtbar, und ebenso auf dem Bruchstück in Bonn. Auf dem zweiten Wiener Krater ist Leda in lebhafter Bewegung, wie davoneilend. Ebenso eilt sie auf der Schale des Xenotimos, und zwar hier doch unzweifelhaft deutlich ausgesprochen, davon. Hier zum erstenmal ist der Adler auffällig neben das Ei auf den Altar gesetzt, während er auf C und der Bonner Scherbe vom Himmel herabkommt. Hier zum erstenmal ist in der Hauptszene außer Leda noch eine Frau, Klytämestra, anwesend, und auf dem Gegenbild der Vorgang durch die Nebenfiguren dreier Frauen weiter ausgemalt, während hier zum erstenmal die beiden Dioskuren fehlen.

Auf der Berliner Hydria kriecht, hier und auf dem Phlyakenbild zum erstenmal, Helena aus dem Ei heraus. Auf der Berliner Hydria von Leda empfangen. Die Dioskuren erscheinen mit ihren Pferden wie auf dem Krater in Bologna, diesmal beide neben ihren Pferden. Die vorgebeugte Haltung der Leda ist ganz ähnlich wie auf der Vase in Palermo D, auf der das Ei noch geschlossen ist. Auf dem Phlyakenbild des Kraters in Bari endlich fehlt zum erstenmal der Altar. In einem großen Korb mit Kinderwäsche oder Frauenkleidern steht das große Ei, aus dem Helena herauskommt. Tyndareos und die Dioskuren fehlen. Dabei sind nur die beiden Phlyaken, vor der Tür eine Frau, vermutlich Leda.

Als ich in der Bonner Festschrift die damals bekannten hierhergehörigen Vasenbilder zusammenstellte und ihre Deutung gab, schien mir das Gemälde auf dem ein paar Jahre vorher für das akademische Kunstmuseum erworbenen Krater das reinste und beste Beispiel der uns erhaltenen bildlichen Darstellung des Mythos, die anderen Beispiele, in Figuren und Zubehör wechselnd, wie Varianten und Erweiterungen des in sich abgeschlossenen und genügend verständlichen Stoffes. Ich darf, zusammenfassend, das Wesentlichste aus meiner Erklärung wiederholen:

Auf einem mit einem Blätterkranze umschlungenen Altar liegt ein Ei. Es ist sorgfältig auf weiß gezeichnete Zweige aufgelegt, die nach rechts und links schräg in die Luft stehen. Von links tritt eine Frau heran. Sie neigt den Kopf vorwärts, den Blick auf den unerwarteten Fund des Eies auf dem Altar gerichtet, und hebt erstaunt und betroffen beide Hände

ΦΑΐCΙ ΔΉ ΠΟΤΑ ΛΉΔΑΝ ὙΑΚΊΝΘΙΝΟΝ
ΠΕΠΥΚΑΔΜΈΝΟΝ ὨΪΟΝ
ΕὟΡΗΝ.

Hinter Leda steht ihr Gemahl, König Tyndareos. Hoch oben über dem Altar ist ein Bukranion. Das Heiligtum, in dem wir uns befinden, ist das des Zeus. Rechts neben dem Altar ist auf einer Säule die Bildsäule des Gottes aufgestellt, nackt, bärtig, mit der linken Hand ein Zepter haltend, in der Rechten eine Schale. Rechts folgen die Zwillingssöhne der Leda, die Jünglinge Kastor und Polydeukes. Sie sehen, obwohl bescheiden zurückstehend, aufmerksam auf das Ei hin, aus dem ihnen die Pflegeschwester entspringen wird

τοῖϲ δὲ μέτα τριτάτην Ἑλένην τρέφε θαῦμα βροτοῖϲιν,
τήν ποτε καλλίκομοϲ Νέμεϲιϲ φιλότητι μιγεῖϲα
Ζηνὶ θεῶν βαϲιλῆι τέκεν κρατερῆϲ ὑπ' ἀνάγκηϲ.

Es ist eine Handlung, ein Vorgang, eine bestimmt auszudenkende Szene innerhalb des vorwärtsschreitenden Ganges der Sage, wie sie der gestaltenden Kraft bildlicher Erzählung angemessenen Anlaß zum Ausformen und Festhalten bieten konnte.

Von meiner Auslegung fühlte sich Benndorf nicht völlig befriedigt. In einem kleinen Aufsatz, der in Wolfgang Reichels Abhandlung über vorhellenische Götterkulte (Wien 1897) S. 48—50 mitgeteilt ist, fordert er zu neuer Prüfung und schärferer Erklärung der ihm damals bekannten Vasenbilder auf. Ich versuche die Gesichtspunkte, die Benndorf dabei leiteten, herauszuheben: »Die Worte der Sappho, deren ursprünglicher Zusammenhang unbekannt ist, schließen den Fund des Eies im Freien, was das an sich Natürliche ist, keineswegs aus. In sämtlichen Bildern sieht man aber das Ei innerhalb eines durch Säulen, Weihgeschenke oder ein Kultbild geschilderten Heiligtums hingelegt auf den Altar, also einen der Entdeckung des Eies nachfolgenden späteren Moment der Erzählung beabsichtigt, den auch die Bildwerke selbst deutlich genug anzeigen. Immer umstehen den Altar Leda, Tyndareos und die Dioskuren; zuweilen ist Hermes gegenwärtig, oder er entfernt sich wieder, nachdem er das Ei überbracht, und unter eindrücklich variierten Gebärden von Spannung oder Staunen fixieren die Versammelten das Ei mit ihren Blicken. Leda als Pflegemutter ist überall hervorgehoben, und einmal betätigt sie sich mit beiden Händen so wunderlich an dem Ei, daß es nicht wohl mißverständlicher ausgedrückt sein könnte, wenn sie es als solches anfassen, aufheben und an sich nehmen sollte. Ihr scheinbar ungeschicktes Zugreifen muß einen gewichtigeren Zweck verfolgen .....«

Bei der Vase in Bologna hat Brizio das Erstaunen der Leda und der übrigen Anwesenden dadurch erklärt, daß sie sehen, wie das Ei sich bewegt. So denkt sich auch Benndorf den Zusammenhang, und er will dafür sogar die früher mißverstandene in den Vasenbildern selbst und deren Abbildungen unregelmäßige Form des Eies verwerten.

»Leda — so fährt Benndorf fort — und die Ihrigen sind nicht als glückliche Finder überrascht, sondern, weil sie das im Ei plötzlich sich entwickelnde Leben erblicken und erkennen, wie ängstlich Wartende erregt, daher Leda wie eine Geburtshelferin schon sich anschickt, die Kommende zu empfangen.« Benndorf vergleicht hier die Berliner Lekythos: »Das Bild zeigt eine weibliche Gestalt, nachdenklich stehend einem Altar zugewandt, auf dem man wieder ein großes Ei sieht, und das Ei schnellt wieder von ihm empor, weil ein in den Dotter eingezeichneter Götterknabe mit allen Kräften dem Lichte zustrebt.«

Benndorf führt endlich, andeutend und mehr fragend, aus, für eine Anschauung, in der der Altar als Sitz und Thron des unsichtbaren Gottes galt oder noch verständlich war, habe das auf den Altar des Zeus niedergelegte Ei der Nemesis als im Schoße des unsichtbaren Zeus geborgen gelten müssen. Er erinnert an die wunderbare Zeitigung des Dionysos und schließt mit den Worten: »Wie die Entstehung des Eros Protogonos oder des Dionysos aus dem Ei, worauf das Berliner Vasenbild nicht ohne Grund bezogen wurde, war gewiß auch diejenige der Helena Aphrodite aus dem himmelfarbenen Weltei orphisch, denn das ὙΑΚΊΝΘΙΝΟΝ ὬΙΟΝ der Sappho, das bis in die neueste Zeit mit Konjekturen bedacht wurde, ist unantastbar.«

Wenn ich auf dem hier eingeschlagenen Wege meinem verstorbenen Freunde bei aller Bereitwilligkeit, die wir beide hatten uns gegenseitig nachzugeben, nicht folgen kann, so fühle ich mich um so mehr gefördert durch den Anfang seiner Darlegung, obwohl ich auch hier mancherlei anders bestimmen und auffassen möchte. Denn jede bildliche Darstellung, wenn sie einen Mythos in wenigen Hauptfiguren in einen einzigen Vorgang glücklich und ausdrucksvoll zusammenfaßt, ist gleichsam eine Epiphanie, ein einmaliges den ganzen Inhalt erschöpfendes Bild. Durch göttliche Fügung tritt Leda mit den Ihrigen zum Altar, wo sie das Ei findet. Das Wunder muß, soweit das Bild es überhaupt deutlich aussprechen kann und will, sich sofort vollziehen, und es kommt dabei wenig darauf an, wie Ledas Zusammenführung mit dem Ei motiviert war, was man sich verschieden ausdenken kann. Auch wenn nur das Ei und nicht die daraus sichtbar entspringende Helena den Mittelpunkt der Szene bildet, ist sie klar und verständlich. Die beiden Vasenbilder, die Benndorfs Forderung erfüllen, hat er nicht mehr kennen lernen. Auf die Schale des Xenotimos, die, als Reichels Buch erschien, längst bekannt war, ist er nicht eingegangen. Und doch läßt diese sich, jetzt wenigstens, für seine Auffassung verwerten. Hier fallen jedem Beschauer am entschiedensten, in den Mittelpunkt der ganzen Szene gerückt, das Ei und der Adler nebeneinander

auf dem Altar in die Augen. Offenbar will der Adler das Ei aufpicken und so der im Ei verborgenen Helena die Hilfe geben, ohne die sie nicht herauskann. Also ein unverkennbar deutlicher Hinweis auf das, was vorgeht, aber sehr viel zurückhaltender und in naiver Andeutung feiner als die derbe Schilderung auf der neuen Berliner Vase, deren Leda die auf der Palermitaner in der Haltung entspricht. Auf der Schale des Xenotimos weicht Leda erstaunt zurück, ebenso auf der zweiten Vase im Wiener Museum. Daher werden wir auf den andern Vasenbildern in dem so gleichartig wiederkehrenden Gestus der Leda, die beide Hände erhebt, doch wohl auch nichts anderes als eine unwillkürliche Bewegung des Erstaunens zu suchen haben.

Unter den bisher besprochenen Vasen sind die meisten attische Ware. Die älteste ist die Schale aus der Werkstatt des Töpfers Xenotimos. Sie gehört in die zweite Hälfte des 5. Jahrhunderts und wird in den Jahren 450—440 entstanden sein. Sie ist stilistisch und durch die selbständige, lebhafte und freie Auffassung besonders anziehend. Zu den wenigen Hauptfiguren gesellen sich wie in einer epischen Episode die Nebenfiguren, in denen der wunderbare Vorgang zierlich und breit ausklingt. Der Zeit nach folgt wohl zunächst der Krater in Bologna etwa um 440. Er macht mit dem ersten Wiener Krater, in meiner Aufzählung in der Festschrift A, mit dem Bonner Krater A[1] und den in Athen gefundenen Bruchstücken, die man wie A und A[1] zwischen 430 und 420 setzen darf, eine besondere, bestimmt erkennbare, kleine Gruppe aus. Dieser sind zuzurechnen auch C, dessen Verbleib unbekannt ist, B, in Petersburg, und endlich der zweite Wiener Krater, bei dem die davoneilende Leda an die Leda auf der Schale des Xenotimos erinnert. C mag etwa 410, B etwas später, um 400, entstanden sein, um 400 auch der zweite Wiener Krater, der nicht sehr sorgfältig ausgeführt ist, aber der Gattung nach zu den etwas älteren attischen Gefäßen zu zählen ist. In dieser Gruppe hat die Petersburger Vase B die Form der sogenannten Pelike, die Form von C ist nicht bestimmt angegeben. »Als Gefäßform darf die eines Kraters, als Fabrikort vielleicht S. Agata de' Goti vorausgesetzt werden« sagt Gerhard, aber er hat wenigstens zeitweise die Gefäßform, die wir jetzt Glockenkrater zu nennen pflegen, als »Oxybaphon« von dem Krater geschieden, der unserem Kelchkrater entspricht. Alle übrigen sind Glockenkratere. Es liegt also der schon mehrfach beobachtete Fall vor, daß ein und dieselbe Darstellung mehrfach auf derselben Vasenform wiederkehrt[1], und die Bonner Scherben

[1] Fr. v. Duhn, De pictura quadam eidem formae vasculari eadem semper fere inducta in den Commentationes in honorem Francisci Buecheleri Hermanni Useneri editae a societate philologa Bonnensi, Bonn 1873.

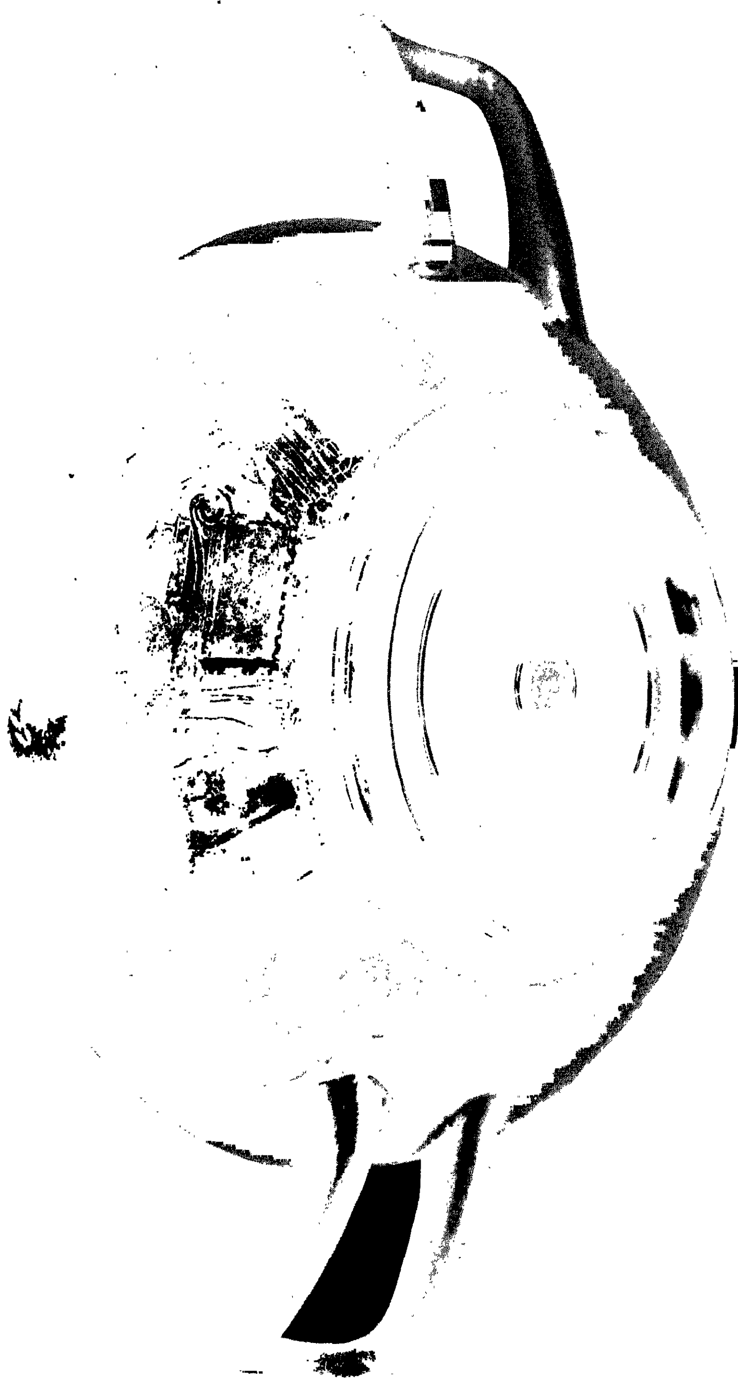
lehren sehr anschaulich, wie in einer Werkstatt dieselbe Vorlage sogar Strich für Strich wiederholt worden ist.

In das frühe 4. Jahrhundert gehört die Phlyakenvase in Bari. Jünger ist die Berliner Hydria, die aus einer campanischen Werkstatt stammt; sie wird in die späteren Jahrzehnte des 4. Jahrhunderts gehören. In der Haltung der Leda, die das Ei anfaßt, verwandt ist ihr die Vase in Palermo, D. Heydemann hatte sie etruskisierend genannt, ich geradezu etruskisch, ohne Zweifel wegen des Gegenbildes mit Charon. Welcher Lokalfabrik sie entstammen mag, sie wird keinesfalls vor dem Ende des 5. Jahrhunderts entstanden sein, eher später. Ich kenne weder das Original noch eine ausreichende Abbildung. Bei diesem Vasenbild muß man wohl annehmen, daß es nicht aus selbständiger mythischer Auffassung und Gestaltung entstanden ist, sondern ausschließlich aus der vergröbernden Weiterbildung der attischen Vorlagen. Dasselbe ist möglich bei der Berliner Hydria. Aber eine solche Erklärung reicht nicht aus für die Phlyakenvase, die nicht aus bildlicher Tradition, sondern nur aus dem aufgeführten Bühnenspiel geschöpft sein kann. Sie ist übrigens, wie mir scheint, auch literargeschichtlich wichtig. Gar oft sind die γοναί der Götter in den Komödien lustig travestiert worden. Hier trifft das Spiel, das die Phlyaken in Süditalien auf offenem Markt in ihrer Bretterbude aufführten, wenigstens im Thema mit der Komödie des Kratinos zusammen.

Ich muß hier nochmals auf die Berliner Lekythos zurückkommen, in der ich weder den Eros Protogonos noch irgendeine andere theogonische oder orphische Verkörperung sehen kann, sondern, wie das Furtwängler nach seiner kurzen Beschreibung, ohne es auszusprechen, angenommen zu haben scheint, nur die mißverständliche Benutzung einer typischen Darstellung. Aber daraus folgt eine wichtige Tatsache. Die Lekythos ist um 450 bis 440 in Athen verfertigt worden. Damals also war in den Töpferwerkstätten eine bildliche Darstellung bekannt, die das Ei mit der kleinen Helena drinnen in ähnlicher Weise zeigte, wie wir es hier sehen, wie auseinandergeschnitten, um den wunderbaren Inhalt deutlich erkennen zu lassen.

Ausgegeben am 2. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.



KEKULE VON STRADONITZ: Geburt der Helena aus dem Ei.



Kekule von Stradonitz: Geburt der Helena aus dem Ei.



KEKULE VON STRADONITZ: Geburt der Helena aus dem Ei.



Kekule von Stradonitz: Geburt der Helena aus dem Ei.

